



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG KOZKO CITRALAND DENGAN METODE STRUKTUR RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

Mahasiswa :

**RIZQHI ANDRIYONO
NRP. 3114 030 072**

**FATIMATUS ZAHROH
NRP. 3114 030 071**

**Dosen Pembimbing :
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., PhD
NIP. 19630726 198903 1 003**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG KOZKO CITRALAND DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

Mahasiswa :

RIZQHI ANDRIYONO
NRP.3114 030 072

FATIMATUS ZAHROH
NRP.3114 030 071

Dosen Pembimbing :

Prof. Ir. M.SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., PhD
NIP. 19630726 198903 1 003

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**



FINAL PROJECT APPLIED - RC 145501

REDESIGN OF KOZKO BUILDING CONSTRUCTION BY USING THE INTERMEDIATE MOMENT RESISTING FRAME SYSTEM

Student :

RIZQHI ANDRIYONO
NRP.3114 030 072

FATIMATUS ZAHROH
NRP.3114 030 071

Consellor Lecture :

Prof. Ir. M.SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., PhD
NIP. 19630726 198903 1 003

**DIPLOMA III CIVIL ENGINEERING PROGRAM
CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTEMENT
VOCATIONAL FACULTY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUT OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2017**

**PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KOZKO CITRALAND DENGAN METODE
STRUKTUR RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH**

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh
gelar ahli madya teknik pada bidang studi Diploma III
Teknik Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Disusun oleh :

MAHASISWA I



RIZQHI ANDRIYONO
NRP. 3114030072

MAHASISWA II



FATIMATUS ZAHROH
NRP. 3114030071



**Disetujui Oleh :
Dosen Pembimbing**

20 JUL 2017

Prof. Dr. M. Sigit Darmawan, M.EngSc. PhD
NIP . 19630726 198903 1 003

SURABAYA, JULI 2017



BERITA ACARA
TUGAS AKHIR TERAPAN
PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :
037713/IT2.VI.8.1/PP.06.00/2017

Tanggal : 8 Juli 2017

| | | | |
|---------------------------|---|--------------|------------|
| Judul Tugas Akhir Terapan | Perencanaan Ulang Struktur Bangunan Gedung Kozko Citraland dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah | | |
| Nama Mahasiswa 1 | Fatimatus Zahroh | NRP | 3114030071 |
| Nama Mahasiswa 2 | Rizqhi Andriyono | NRP | 3114030072 |
| Dosen Pembimbing 1 | Prof. Ir. M. Sigit D, M.EngSc. PhD NIP 19630726 198903 1 003 | Tanda tangan | |
| Dosen Pembimbing 2 | - | Tanda-tangan | |

| URAIAN REVISI | Dosen Penguji |
|------------------------|---|
| - Gbr. detail kuy-plan | Ir. Boedi Wibowo, CES NIP 19530424 198203 1 002 |
| - Gbr. detail kuy-plan | |
| - Gbr. detail kuy-plan | Prof. Ir. M. Sigit D, M.EngSc. PhD NIP 19630726 198903 1 003 |
| - Gbr. detail kuy-plan | |
| - Gbr. detail kuy-plan | Afif Navir R, ST. MT NIP 19840919 201504 1 001 |
| - Gbr. detail kuy-plan | |
| - Gbr. detail kuy-plan | NIP - |
| - Gbr. detail kuy-plan | |

| PERSETUJUAN HASIL REVISI | | | |
|--|---|---|-----------------|
| Dosen Penguji 1 | Dosen Penguji 2 | Dosen Penguji 3 | Dosen Penguji 4 |
| Ir. Boedi Wibowo, CES NIP 19530424 198203 1 002 | Prof. Ir. M. Sigit D, M.EngSc. PhD NIP 19630726 198903 1 003 | Afif Navir R, ST. MT NIP 19840919 201504 1 001 | - NIP - |

| | | |
|---|---|--------------------|
| Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan 19/7/2017 | Dosen Pembimbing 1 | Dosen Pembimbing 2 |
| | Prof. Ir. M. Sigit D, M.EngSc. PhD NIP 19630726 198903 1 003 | - NIP - |

**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI****INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER****FAKULTAS VOKASI****DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL**

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947837 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN****Nama****NRP****Judul Tugas Akhir****: 1 RIZQHI ANDRIYONO****: 1 3119030012****: PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG HOTOH CITRALAND DENGAN METODE SISTEM RANCA PENKUI MOMEN MENEMBAH****2 FATIMATUS ZAHROH****2 3119030071****Dosen Pembimbing****: Prof. M. SIBIT O., Ir., M., Eng Sc., Ph.**

| No | Tanggal | Tugas / Materi yang dibahas | Tanda tangan | Keterangan | | |
|----|------------------|---|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1. | 28 Februari 2017 | 1. Kolom yang dipapakai 45/45 2. Elevasi disamakan semua 3. Tidak ada tipe tower 4. Gambar denah pembalokan. | | | | |
| | | | | B | C | K |
| | | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | |
| 2. | 08 Maret 2017 | 1. Tangga darurat disamping dan Belahang tetap. 2. Diperhatikan denah pembalokan 3. Tangga di tiap lantai diulangin karena elevasi disamakan. 4. Ipt diabaikan tidak masalah | | | | |
| | | | | B | C | K |
| | | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | |
| | | | | B | C | K |
| | | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | |
| 3. | 17 Maret 2017 | 1. One way \Rightarrow momen satu arah Two way \Rightarrow momen dua arah 2. Check Tabel momen pada plat 3. Pada saat one way dianggap jepit-jepit (tulangan y dianggap tulangan susut) 4. Tulangannya diperbaiki diameternya | | | | |
| | | | | B | C | K |
| | | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | B | C | K |
| | | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | |

Ket.

B = Lebih cepat dari jadwal

C = Sesuai dengan jadwal

K = Terlambat dari jadwal



ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 RIZQHI ANDRIYONO 2 FATIMATUS ZAHROH
NRP : 1 3119030072 2 3119030071
Judul Tugas Akhir : PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG TOKKO CITRALAND DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMUKU MOMEN MENENGAH
Dosen Pembimbing : Prof. M. SIEIT D., Ir. M. Eng Sc, Ph

| No | Tanggal | Tugas / Materi yang dibahas | Tanda tangan | Keterangan | | |
|----|---------------|--|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| A | 04 April 2017 | 1. Untuk pelat one way memakai bentang tepederk | | | | |
| | | 2. Untuk pelat two way dipastikan peraturannya untuk momen. | | B | C | K |
| | | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 3. Tangga menggunakan metode Terpisah / satu. | | | | |
| | | 4. Gambar denah pembalikan ditangga kurang jelas | | B | C | K |
| | | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 5. | | | | |
| 5. | 12 April 2017 | 1. Coba dibuktikan momen plat yang PB171 dengan SNI 2013 | | B | C | K |
| | | 2. Permodelan di tangga harus mengetahui nanti tutangnya bagaimana | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 3. Diperma menghitung Cnya dan dicek | | B | C | K |
| | | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | | | B | C | K |
| | | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | |

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947837 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama

: 1 RIZQHI ANDRIYONO

2 FATIMATUS ZAHROH

NRP

: 1 3114030072

2 3114030071

Judul Tugas Akhir

: PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN BEDUNG KODKO CITRALAND DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMULU MOMEN MENENGAH

Dosen Pembimbing

: Prof. M. SAIT D. Ir. M-EnggC, Ph

| No | Tanggal | Tugas / Materi yang dibahas | Tanda tangan | Keterangan | | |
|----|--------------|---|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 6. | 03 Mei 2017 | - Check Nilai Tanah Klarifikasi Tanah | | | | |
| | | - Portal Memanjang dan Melintang | | B | C | K |
| | | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | - Pada saat di SAP warna merah di check manualnya juga. | | | | |
| | | | | B | C | K |
| 7. | 10 Mei 2017 | - Di penugasan kolom ditambahkan beban kombinasi dari beban gempa | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | - Di check panjang penyuluran di balok (ld tidak memenuhi = l _{dh}) | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | - Disebutkan kombinasi gempa | | | | |
| 8. | 16 Juni 2017 | - Cek momen geser, dibenerin | | B | C | K |
| | | - Di bestat jumlah kg / vol. beton. | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | - Skala di Gambar portal, rangkai bertalu kecil | | | | |
| | | | | B | C | K |
| | | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Ket.

B = Lebih cepat dari jadwal

C = Sesuai dengan jadwal

K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947837 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 RIZQHI ANDRIYONO 2 FATIMATUS ZAHROH
NRP : 1 2119020072 2 2119020071
Judul Tugas Akhir : PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN SEDUNG KUDKO CITRALAND DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMUKUL MOMEN MENENGAH
Dosen Pembimbing : Prof. M. Sigit D. Ir. M. Engsc. Ph

| No | Tanggal | Tugas / Materi yang dibahas | Tanda tangan | Keterangan | | |
|----|--------------|--|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 9. | 19 Juni 2017 | - Keyplan untuk gambar penulangan pelat | | | | |
| | | - Gambar tulangan awal diberikan | | B | C | K |
| | | - Semua Gambar Diperjelas (dimensi keyplan, dll) | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | - Balok anak dan balok bordes | | | | |
| | | menghitung dengan cara biasa | | B | C | K |
| | | tidak SRPM | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | - Pelat SRPM | | | | |
| | | | | B | C | K |
| | | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | |
| | | | | B | C | K |
| | | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | |
| | | | | B | C | K |
| | | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | |

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG KOZKO CITRALAND DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

Nama Mahasiswa : Rizqhi Andiyono
NRP : 3114030072

Nama Mahasiswa : Fatimatus Zahroh
NRP : 3114030071

Departemen :Diploma III Teknik Infrastruktur
Sipil FV- ITS

Dosen Pembimbing : Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSc., PhD
NIP : 19630726 198903 1 003

ABSTRAK

Penyusunan tugas akhir yang berjudul Perencanaan Ulang Struktur Bangunan Gedung Kozko dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah ini menggunakan Gedung Kozko yang memiliki konsep terbaru dan pertama, yang lokasi rencana pembangunannya di UC Town, Citraland Surabaya, sebagai objek. Pada perencanaan akan mengalami sedikit perubahan pada komponen gedung kozko yang pada awalnya lebar bangunan 132 m menggunakan atap baja diganti dengan lebar bangunan 84 m menggunakan atap beton. Perencanaan gedung ini dibatasi pada perhitungan bangunan atas yang terdiri dari kolom, balok, pelat, dan tangga.

Perhitungan yang dilakukan dalam tugas akhir ini mengacu pada peraturan yang ada pada SNI 03-2847-2013 tentang “Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung”, SNI 1727-2013 tentang “Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain” dan SNI 03-1726-2012 tentang “Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung” dengan metode statik ekuivalen. Dalam analisa gaya dan momen menggunakan aplikasi SAP 2000.

Gambar – gambar detail, baik struktur maupun arsitektur digunakan sebagai acuan dalam perhitungan yang dilakukan. Perhitungan akan diwujudkan berupa laporan perhitungan struktur.

Kata Kunci : Bangunan Gedung, Statik Ekuivalen, Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah

REDESIGN OF KOZKO BUILDING CONSTRUCTION BY USING THE INTERMEDIATE MOMENT RESISTING FRAME SYSTEM

Student Name : Rizqhi Andriyono
NRP : 3114030072

Student Name : Fatimatus Zahroh
NRP : 3114030071

Departement : Diploma III Civil Infrastructure
Engineering Departement FV-ITS

Consellor lecturer : Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSc., PhD
NIP : 19630726 198903 1 003

ABSTRACT

The title of this research is redesign of Kozko building construction by using the intermediate moment resisting frame system. The object research is Kozko building because it has the first and new concept building which is located at UC Town, Citraland Surabaya. In the building redesign will change slightly on the kozko building component. That is the wide of building. The previous wide redesign is 132 m and use the steel roof but now the wide is 84 m and use the concrete roof. The calculating evaluation of the building is limited to the building quality that consist of coloumn, beam, metal sheet and stair.

The calculation of this research refers to the government rules or regulations that is SNI 03-2847-2013 about "The Structural Concrete Rules or Regulation For Building", SNI 1727-2013 abaout "Minimum Load for The Design of Building and Other Structure", and SNI 03-1726-2012 about "The Puttingup Building From The Earthquake" with the equivalent static method. In force and moment analysis SAP 2000.

The detail pictures, both construction and architecture used as a reference for the carryingout calculation. The calculation will be created as the structure calculating report.

Key words : *Building, Static Equivalent, Intermediate Moment Resisting Frame*

KATA PENGANTAR

Puji syukur terpanjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, serta shalawat dan salam serta tercurah kepada Nabi Muhammad SAW. Sehingga laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan.

Tersusunnya laporan tugas akhir ini juga tidak terlepas dari dukungan dan motivasi dari berbagai pihak yang telah banyak membantu dan memberi masukan serta arahan. Untuk itu begitu banyak ucapan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua, saudara – saudara tercinta, sebagai semangat, dan yang telah banyak memberi dukungan moril maupun materil, terutama doa
2. Bapak Dr. Machsus, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknik Sipil Departemen Teknik Infrastruktur Teknik Sipil
3. Bapak Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSc., PhD selaku dosen pembimbing proposal tugas akhir yang telah banyak memberi bimbingan, arahan, petunjuk, dan motivasi dalam penyusunan tugas akhir
4. Teman – teman terdekat yang tidak bisa disebutkan satu - persatu, terima kasih atas bantuan dan saran selama proses pengerjaan tugas akhir ini

Disadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini terdapat kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna, untuk itu diharapkan terdapat kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan proyek akhir ini.

Dan akhir kami berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membaca

Surabaya, 1 Juli 2017

Penyusun

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| ABSTRAK..... | i |
| ABSTRACT | iii |
| KATA PENGANTAR..... | v |
| DAFTAR ISI..... | vii |
| DAFTAR TABEL..... | xi |
| DAFTAR GAMBAR..... | xiii |
| DAFTAR NOTASI..... | xv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 4 |
| 1.4 Tujuan | 4 |
| 1.5 Manfaat | 5 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 7 |
| 2.1 Umum..... | 7 |
| 2.2 Peraturan yang Digunakan | 7 |
| 2.3 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah | 8 |
| 2.3.1 Detail Tulangan | 8 |
| 2.3.2 Kekuatan Geser..... | 9 |
| 2.4 Pembebanan | 10 |
| 2.4.1 Beban Vertikal | 10 |
| 2.4.2 Beban Horisontal | 11 |
| 2.4.3 Kombinasi Pembebanan | 19 |
| 2.5 Elemen Struktur..... | 20 |
| 2.5.1 Pelat | 20 |
| 2.5.2 Balok..... | 21 |
| 2.5.3 Kolom | 22 |
| 2.5.4 Tangga | 22 |
| 2.6 Perencanaan Elemen Struktur | 23 |
| 2.6.1 Perencanaan Pelat | 23 |

| | |
|--|-----------|
| 2.6.2 Perencanaan Balok | 30 |
| 2.6.3 Perencanaan Kolom..... | 38 |
| 2.6.4 PerencanaanTangga | 44 |
| BAB III METODOLOGI | 47 |
| 3.1 Langkah Metodologi | 47 |
| 3.1.1 Pengumpulan Data | 47 |
| 3.1.2 Preliminary Design..... | 47 |
| 3.1.3 Perhitungan pembebanan | 47 |
| 3.2 Analisa Struktur | 49 |
| 3.3 Perhitungan Penulangan Struktur..... | 49 |
| 3.4 Kontrol Persyaratan..... | 49 |
| 3.5 Gambar Rencana | 50 |
| 3.6 Flowchart | 51 |
| 3.6.1 Metode SRPMM | 51 |
| 3.6.2 Metodologi | 52 |
| 3.6.3 Pelat Lantai..... | 54 |
| 3.6.4 Pelat Tangga dan Bordes..... | 56 |
| 3.6.5 Balok Lentur..... | 58 |
| 3.6.6 Balok Geser | 60 |
| 3.6.7 Kolom Lentur | 62 |
| 3.6.8 Kolom Geser | 65 |
| BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN | 69 |
| 4.1 Perencanaan Dimensi Struktur..... | 69 |
| 4.1.1 Perencanaan Dimensi Balok..... | 69 |
| 4.1.2 Perencanaan Dimensi Kolom | 71 |
| 4.1.3 Perencanaan Dimensi Pelat | 73 |
| 4.1.4 Perencanaan Dimensi Tangga | 80 |
| 4.2 Perhitungan Pembebanan Struktur..... | 83 |
| 4.2.1 Pembebanan Pelat | 83 |
| 4.2.2 Pembebanan Tangga..... | 85 |
| 4.2.3 Pembebanan Dinding | 86 |
| 4.2.4 Pembebanan Angin | 87 |

| | |
|--|------------|
| 4.2.5 Pembebanan Gempa | 92 |
| 4.3 Analisis Struktur..... | 117 |
| 4.3.1 Pemodelan Struktur | 117 |
| 4.3.2 Pemodelan Komponen Struktur Tangga..... | 117 |
| 4.3.3 Beban Rencana Struktur | 118 |
| 4.4 Perhitungan Struktur Sekunder | 119 |
| 4.4.1 Perhitungan Tulangan Pelat Lantai | 119 |
| 4.4.2 Perhitungan Pelat Tangga dan bordes | 131 |
| 4.4.2.1 Perhitungan Tulangan Pelat Tangga..... | 131 |
| 4.4.2.2 Perhitungan Tulangan Pelat Bordes | 137 |
| 4.4.2.3 Perhitungan Tulangan Balok Bordes..... | 142 |
| 4.5 Perhitungan Struktur Primer | 170 |
| 4.5.2 Perhitungan Tulangan Balok Anak | 212 |
| 4.5.3 Perhitungan Tulangan Kolom..... | 249 |
| 4.5.3.1 Perhitungan Tulangan Lentur Kolom | 249 |
| 4.5.3.2 Perhitungan Tulangan Geser Kolom | 271 |
| 4.5.3.3 Perhitungan sambungan lewatan tulangan vertikal kolom..... | 277 |
| 4.5.3.4 Panjang penyaluran tulangan kolom..... | 277 |
| 4.5.4 Perhitungan Volume Pembesian..... | 278 |
| 4.5.4.1 Perhitungan volume pembesian balok..... | 278 |
| 4.5.4.2 Perhitungan volume pembesian kolom..... | 285 |
| BAB V PENUTUP | 289 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 289 |
| 5.2 Saran | 292 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

- A. Data Hasil Uji Tanah SPT
- B. Data Spesifikasi Plafond Klasiboard dan Partisi Kalsipart
- C. Data Spesifikasi Asphalt
- D. Data Spesifikasi Bata Ringan
- E. Data Spesifikasi Plester D200 dan Acian NP S450

BIODATA PENULIS

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

| | |
|---|-----|
| Tabel 2.1 Peraturan yang digunakan | 7 |
| Tabel 2.2 Beban hidup terdistribusi merata minimum, L_o dan beban hidup terpusat minimum | 11 |
| Tabel 2.3 Klasifikasi khusus | 12 |
| Tabel 2.4 Kategori desain seismik berdasarkan parameter, respons percepatan pada perioda pendek | 13 |
| Tabel 2.5 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik | 14 |
| Tabel 2.6 Koefisien situs, F_a | 14 |
| Tabel 2.7 Koefisien situs, F_v | 15 |
| Tabel 2.8 Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa | 16 |
| Tabel 2.9 Faktor keutamaan gempa | 17 |
| Tabel 2.10 Faktor R , C_d , dan Ω_o untuk sistem penahan gaya gempa | 17 |
| Tabel 2.11 Tebal minimum pelat tanpa balok interior | 24 |
| Tabel 2.12 Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung | 25 |
| Tabel 4.1 Perkiraan cuaca provinsi jawa timur | 88 |
| Tabel 4.2 Faktor arah angin, K_d | 89 |
| Tabel 4.3 Koefisien tekanan internal | 89 |
| Tabel 4.4 Koefisien eksposur tekanan velositas | 90 |
| Tabel 4.5 Koefisien tekanan eksternal | 91 |
| Tabel 4.6 Perhitungan N_{SPT} | 94 |
| Tabel 4.7 Perhitungan nilai F_a secara interpolasi linier | 95 |
| Tabel 4.8 Berat bangunan | 97 |
| Tabel 4.9 Menentukan C_u dengan cara interpolasi linier | 99 |
| Tabel 4.10 Rekapitulasi penulangan tangga | 141 |
| Tabel 4.11 Rekapitulasi penulangan balok bordes | 170 |

| | |
|--|-----|
| Tabel 4.12 Rekapitulasi penulangan kolom | 278 |
| Tabel 4.13 volume tulangan balok induk | 284 |
| Tabel 4.14 volume tulangan balok anak..... | 285 |
| Tabel 4.15 volume tulangan kolom | 287 |
| Tabel 5.1 Rekapitulasi pelat tangga..... | 289 |
| Tabel 5.2 Rekapitulasi pelat lantai | 290 |
| Tabel 5.3 Rekapitulasi balok | 290 |
| Tabel 5.4 Rekapitulasi kolom..... | 291 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|-----|
| Gambar 1.1 Lokasi proyek | 2 |
| Gambar 2.1 Geser desain untuk rangka momen menengah | 10 |
| Gambar 2.2 Garis besar proses digunakan untuk menentukan beban angin | 19 |
| Gambar 2.3 Perpanjangan minimum untuk tulangan slab tanpa balok | 29 |
| Gambar 2.4 Penyaluran tulangan momen negatif | 37 |
| Gambar 4.1 Denah perencanaan balok induk..... | 70 |
| Gambar 4.2 Denah perencanaan balok anak | 71 |
| Gambar 4.3 Denah perencanaan kolom..... | 722 |
| Gambar 4.4 Denah perencanaan tebal pelat | 74 |
| Gambar 4.5 Denah perencanaan tangga | 82 |
| Gambar 4.6 Permodelan struktur..... | 118 |
| Gambar 4.7 Penulangan pelat lantai tipe S1..... | 123 |
| Gambar 4.8 Penulangan pelat tipe S2..... | 131 |
| Gambar 4.9 Penulangan tangga..... | 141 |
| Gambar 4.10 Hasil Output SAP 2000 gaya torsi | 144 |
| Gambar 4.11 Hasil output SAP 2000 momen lapangan balok .. | 144 |
| Gambar 4.12 Hasil output SAP 2000 momen tumpuan kanan balok | 144 |
| Gambar 4.13 Hasil output SAP 2000 momen tumpuan kiri balok | 145 |
| Gambar 4.14 Hasil ouput SAP 2000 gaya geser muka balok.... | 145 |
| Gambar 4.15 Denah balok yang ditinjau pada lantai 1 , tipe balok B1 | 171 |
| Gambar 4.16 Hasil ouput SAP 2000 gaya geser | 173 |
| Gambar 4.17 Hasil ouput SAP 2000 momen lapangan balok | 173 |
| Gambar 4.18 Hasil output SAP 2000 momen tumpuan kanan balok | 173 |
| Gambar 4.19 Hasil output SAP 2000 momen tumpuan kiri balok | 173 |
| Gambar 4.20 Hasil output SAP 2000 gaya geser muka balok... | 174 |

| | |
|---|-----|
| Gambar 4.21 Kebutuhan tulangan tumpuan balok induk | 198 |
| Gambar 4.22 Kebutuhan tulangan lapangan balok induk..... | 198 |
| Gambar 4.23 Perencanaan geser untuk balok SRPMM..... | 200 |
| Gambar 4.24 Denah balok anak yang ditinjau..... | 212 |
| Gambar 4.25 Hasil output SAP 2000 gaya geser | 214 |
| Gambar 4.26 Hasil output SAP 2000 momen lapangan balok .. | 214 |
| Gambar 4.27 Hasil output SAP 2000 momen tumpuan kanan balok | 214 |
| Gambar 4.28 Hasil output SAP 2000 momen tumpuan kiri balok | 215 |
| Gambar 4.29 Hasil output SAP 2000 gaya geser muka balok | 215 |
| Gambar 4.30 Kebutuhan tulangan tumpuan balok anak..... | 239 |
| Gambar 4.31 Kebutuhan tulangan lapangan balok anak | 239 |
| Gambar 4.32 Grafik alignment..... | 255 |
| Gambar 4.33 Diagram interaksi penulangan | 258 |
| Gambar 4.34 Diagram interaksi penulangan | 265 |
| Gambar 4.35 Detail penulangan | 270 |
| Gambar 4.36 Hasil output pcaColoumn gaya lentur dan aksial | 271 |
| Gambar 4.37 Output gaya pcaColoumn | 272 |
| Gambar 4.38 Lintang rencana untuk SRPMM | 272 |
| Gambar 4.39 Detail tulangan balok induk..... | 279 |
| Gambar 4.40 Potongan tulangan balok sisi atas | 279 |
| Gambar 4.41 Potongan tulangan balok sisi bawah..... | 280 |
| Gambar 4.42 Potongan tulangan tarik balok tumpuan kiri..... | 281 |
| Gambar 4.43 Potongan tulangan tekan balok tumpuan kiri | 281 |
| Gambar 4.44 Potongan tulangan tarik balok tumpuan kanan.... | 282 |
| Gambar 4.45 Potongan tulangan tekan balok tumpuan kanan .. | 282 |
| Gambar 4.46 Potongan sengkang balok | 283 |
| Gambar 4.47 Detail tulangan kolom..... | 285 |
| Gambar 4.48 Potongan tulangan kolom sisi atas..... | 286 |
| Gambar 4.49 Potongan sengkang kolom..... | 286 |

DAFTAR NOTASI

| | |
|----------|--|
| A_{cp} | = Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton (mm^2) |
| A_{cv} | = Luas efektif bidang geser dalam hubungan balok kolom (mm^2) |
| A_g | = Luas bruto penampang (mm^2) |
| A_l | = Luas total tulangan longitudinal yang menahan torsi (mm^2) |
| A_n | = Luas bersih penampang (mm^2) |
| A_o | = Luas bruto yang dibatasi oleh lintasan aliran (mm^2) |
| A_{oh} | = Luas daerah yang dibatasi oleh garis pusat tulangan sengkang torsi terluar (mm^2) |
| A_s | = Luas tulangan tarik non prategang (mm^2) |
| A_{sc} | = Luas tulangan tulangan longitudinal / lentur rencana yang diperhitungkan dalam memikul momen lentur (mm^2) |
| A_s' | = Luas tulangan tekan non prategang (mm^2) |
| A_t | = Luas satu kaki sengkang tertutup pada daerah sejarak s untuk menahan torsi (mm^2) |
| A_v | = Luas tulangan geser pada daerah sejarak s atau luas tulangan geser yang tegak lurus terhadap tulangan lentur tarik dalam suatu daerah sejarak s pada komponen struktur lentur tinggi (mm^2) |
| b | = Lebar daerah tekan komponen struktur (mm^2) |
| b_w | = Lebar badan balok atau diameter penampang bulat (mm) |
| C | = Jarak dari serat tekan terluar ke garis netral (mm) |
| C_c' | = Gaya pada tulangan tekan |
| C_s' | = Gaya tekan pada beton |
| d | = Jarak dari serat tekan terluar ke tulangan tarik (mm) |
| d' | = Jarak dari serat tekan terluar ke tulangan tekan (mm) |
| db | = Diameter nominal batang tulangan, kawat atau strand prategang (mm) |

| | |
|----------|---|
| D | = Beban mati atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban mati |
| E_c | = Modulus elastisitas beton (Mpa) |
| e_x | = Jarak kolom ke pusat kekakuan arah x |
| e_y | = Jarak kolom ke pusat kekakuan arah y |
| E_x | = Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa arah X |
| E_y | = Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa arah Y |
| I_b | = Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto balok |
| I_p | = Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto pelat |
| f_c' | = Kuat tekan beton yang disyaratkan (Mpa) |
| f_y | = Kuat leleh yang disyaratkan untuk tulangan non pra-tegang (Mpa) |
| f_{vy} | = Kuat leleh tulangan torsi longitudinal (Mpa) |
| f_{ys} | = Kuat leleh tulangan sengkang torsi (Mpa) |
| h | = Tinggi total dari penampang |
| h_n | = Bentang bersih kolom |
| L_n | = Bentang bersih balok |
| M_u | = Momen terfaktor pada penampang (Nmm) |
| M_{nb} | = Kekuatan momen nominal persatuan jarak sepanjang suatu garis leleh |
| M_{nc} | = Kekuatan momen nominal untuk balok yang tak mempunyai tulangan tekan (Nmm) |
| M_n | = Kekuatan momen nominal jika batang dibebani lentur saja (Nmm) |
| M_{nl} | = Momen kapasitas balok penampang kiri (Nmm) |
| M_{nr} | = Momen kapasitas balok penampang kanan (Nmm) |
| M_{nt} | = Momen kapasitas balok penampang atas (Nmm) |
| M_{nx} | = Kekuatan momen nominal terhadap sumbu x |
| M_{ny} | = Kekuatan momen nominal terhadap sumbu y |
| M_{ox} | = Kekuatan momen nominal untuk lentur terhadap sumbu x untuk aksial tekan nol |

| | |
|-----------|---|
| M_{oy} | = Kekuatan momen nominal untuk lentur terhadap sumbu y ntuk aksial tekan yang nol |
| M_1 | = Momen ujung terfaktor yang lebih kecil pada komponen tekan; bernilai positif bila komponen struktur melengkung dengan kelengkungan tunggal, negatif bila struktur melengkung dengan kelengkungan ganda (Nmm) |
| M_2 | = Momen ujung terfaktor yang lebih besar pada komponen tekan; selalu bernilai positif (Nmm) |
| M_{1ns} | = Nilai yang lebih kecil dari momen – momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan kesamping yang berarti, dihitung dengan analisis konvensional (orde pertama). Bernilai positif bila komponen struktur melentur dalam kelengkungan tunggal. Negatif bila melentur dalam kelengkungan ganda (Nmm) |
| M_{2ns} | = Nilai yang lebih besar dari momen – momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan kesamping yang berarti, dihitung dengan analisis rangka elastis konvensional (Nmm) |
| M_{1s} | = Nilai yang lebih kecil dari momen – momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan kesamping yang berarti, dihitung dengan analisis konvensional (orde pertama). Bernilai positif bila komponen struktur melentur dalam kelengkungan tunggal, negatif bila melentur dalam kelengkungan ganda (Nmm) |
| M_{2s} | = Nilai yang lebih besar dari momen – momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan kesamping yang berarti, dihitung dengan elastis rangka elastis konvensional (Nmm) |

| | |
|----------|---|
| n | = Banyak tulangan yang dibutuhkan |
| N_u | = Beban aksial terfaktor |
| P_{cp} | = Keliling luar penampang beton |
| P_b | = Kuat beban aksial nominal pada kondisi regangan seimbang (N) |
| P_c | = Beban Kritis (N) |
| P_h | = Keliling dari tulangan sengkang torsi |
| P_u | = Beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan (N) |
| R | = Faktor reduksi gempa, rasio antara beban gempa maksimum akibat pengaruh gempa rencana pada struktur gedung elastik penuh dan beban gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana pada struktur gedung daktail, bergantung pada faktor daktilitas struktur gedung tersebut, faktor reduksi gempa representatif struktur gedung tidak beraturan |
| R_{sx} | = Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa X |
| R_{sy} | = Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa Y |
| S | = Spasi tulangan geser atau torsi kearah yang diberikan (N) |
| T | = Waktu getar alami struktur gedung dinyatakan dalam detik yang menentukan besarnya faktor respon gempa struktur bangunan gedung dan kurvanya ditampilkan dalam spektrum respons gempa rencana |
| T_c | = Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan beton |
| T_n | = Kuat momen torsi nominal (Nmm) |
| T_u | = Momen torsi terfaktor pada penampang (Nmm) |
| V_c | = Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton |
| V_n | = Pengaruh gempa rencana pada taraf pembebanan nominal untuk struktur gedung dengan tingkatan daktilitas umum, pengaruh gempa rencana pada saat |

didalam struktur terjadi pelelehan pertama yang sudah direduksi dengan faktor kuat lebih beban dan bahan f_l

| | |
|----------------|--|
| V_s | = Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser (N) |
| V_u | = Gaya geser terfaktor pada penampang (N) |
| α | = Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok |
| α_m | = Nilai rata – rata α untuk semua balok tepi dari satu panel |
| β | = Rasio bentang dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah |
| β_d | = Rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap beban aksial terfaktor maksimum |
| ρ | = Rasio tulangan tarik |
| ρ' | = Rasio tulangan tekan |
| ρ_b | = Rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang |
| ρ_{max} | = Rasio tulangan tarik maksimum |
| ρ_{min} | = Rasio tulangan tarik minimum |
| ϵ_c | = Regangan dalam beton |
| λ_d | = Panjang penyaluran |
| λ_{db} | = Panjang penyaluran dasar |
| λ_{dh} | = Panjang penyaluran kait standart tarik diukur dari penampang kritis hingga ujung luar kait (bagian panjang penyaluran yang lurus antara penampang kritis dan titik awal kait (titik garis singgung) ditambah jari – jari dan satu diameter tulangan) |
| λ_{hb} | = Panjang penyaluran dasar kait standart tarik |
| λ_n | = Bentang bersih untuk momen positif atau geser dan rata – rata dari bentang – bentang bersih yang bersebelahan untuk momen negatif |
| λ_u | = Panjang bebas (tekuk) pada kolom |

- δ_{ns} = Faktor pembesaran momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan pengaruh kelengkungan komponen struktur diantara ujung – ujung komponen struktur tekan
- δ_s = Faktor pembesaran momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan pengaruh penyimpangan lateral akibat beban lateral dan gravitasi
- μ = Faktor daktilitas struktur gedung, rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana pada saat mencapai kondisi diambang keruntuhan dan simpangan struktur gedung pada saat terjadi pelelehan pertama
- Ψ = Faktor kekangan ujung – ujung kolom

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bangunan gedung merupakan sebuah proyek konstruksi yang merupakan suatu rangkaian kegiatan yang berkaitan untuk mencapai tujuan (bangunan/konstruksi) dalam bahasan waktu, biaya dan mutu dari proyek tersebut. Salah satu fungsi dari bangunan gedung yaitu sebagai sarana untuk beraktifitas yang mengakibatkan pembangunan di Indonesia semakin lama akan semakin meningkat. Hal ini bisa dilihat dari beberapa waktu yang lalu, Bapak Jokowi pernah mengemukakan bahwa pada saat masa pemerintahannya akan mengutamakan pembangunan infrastruktur yang salah satunya merupakan pembangunan gedung, karena Bapak Jokowi menganggap bahwa infrastruktur merupakan pembangunan yang padat modal dan juga untuk jangka panjang. Bangunan gedung diharapkan dapat menahan beban konstruksi agar fungsi bangunan itu sendiri layak untuk digunakan. Dalam menentukan pola bangunan dibutuhkan struktur bangunan yang kuat dan mampu diterapkan sebaik mungkin karena hal ini menjamin kekokohan dan umur sebuah bangunan.

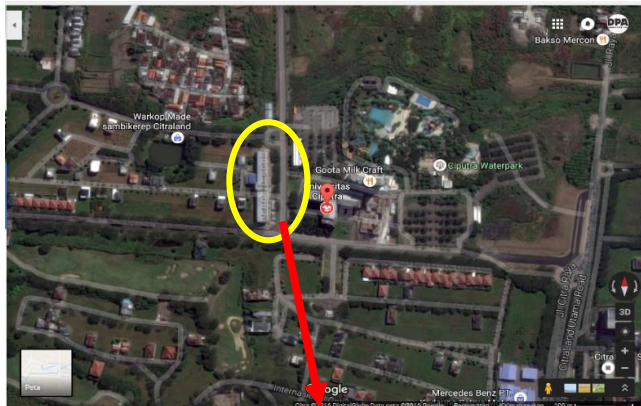
Perencanaan struktur bertujuan untuk menghasilkan suatu struktur yang stabil, kuat, dan awet. Salah satu faktor yang paling berpengaruh dalam perencanaan struktur bangunan bertingkat adalah kekuatan dari struktur bangunan, dimana faktor ini sangat terkait dengan keamanan dan ketahanan bangunan dalam menahan dan menampung beban yang berkerja pada struktur tersebut. Oleh karena itu dalam perencanaan gedung bertingkat harus direncanakan dan didesain sedemikian rupa agar dapat digunakan sebaik-baiknya, dan aman terhadap bahaya gempa.

Kozko merupakan salah satu pembangunan gedung yang letaknya di kota Surabaya sebelah barat, Lebih tepatnya di *Citraland* yang memiliki konsep terbaru dan pertama di Surabaya yaitu produk investasi gabungan rumah kos dan tempat usaha *smart* dan *modern*. Kozko ini memiliki tempat yang strategis di area komersial *Water Front* yang merupakan tempat prospektif untuk investasi, yang mana selangkah ke Universitas Ciputra dan wisata *Water Park*.

Sebagai dasar dalam merencanakan struktur gedung Kozko *Citraland* ini diperlukan data-data perencanaan. Dari data-data perencanaan tersebut kemudian dilakukan perhitungan-perhitungan. Data- data yang akan diuraikan sebagai berikut :

Data Umum Bangunan :

| | |
|------------------------|--|
| Nama Gedung | : Kozko (gabungan rumah kos dan tempat usaha smart dan modern) |
| Lokasi | : UC Town, <i>Citraland</i> Surabaya |
| Luas Bangunan | : 8354 m ² |
| Jumlah lantai dan unit | : 5 lantai dan 22 unit |



Gambar 1.1 Lokasi Proyek

Dalam penyusunan proposal ini akan membahas mengenai perencanaan ulang struktur gedung kozko di *Citrland* Surabaya dengan menggunakan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah yang bertujuan agar gedung tersebut dapat menahan keruntuhan apabila menerima gaya gempa, perencanaan bangunan ini lebih mengutamakan kekokohan struktur bangunan khususnya pada bagian kolom sehingga jika terjadi gempa struktur kolom masih dapat menahan gaya gempa yang terjadi pada bangunan. Selain itu bangunan kozko ini atap yang digunakan menggunakan atap dengan material baja sehingga direncanakan ulang dengan mengganti atap tersebut menggunakan pelat beton dan luas dari bangunan aslinya akan diperkecil. Dengan demikian Kozko tersebut perlu direncanakan dengan baik sesuai dengan persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung SNI 2847: 2013, untuk pembebanan struktur bangunan gedung SNI 1727: 2013, dan SNI 1726:2012 untuk ketahanan gempa.

Kozko tersusun dari 5 lantai dengan bentuk fisik yang dimiliki bangunan tersebut, akan tetapi untuk keperluan Tugas Akhir di program D3 Teknik Sipil bangunan direncanakan didaerah yang sesuai dengan zona gempa untuk metode Sistem Rangka Pemikul Momen sesuai dengan rencana Tugas Akhir.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam judul proposal “Perencanaan Ulang Struktur Bangunan Gedung Kozko *Citrland* dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah”. Permasalahan yang akan dibahas sebagai berikut :

1. Bagaimana mengetahui data tanah sesuai dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah?
2. Bagaimana merencanakan *preliminary design* sesuai dengan jenis tanah pada bangunan yang akan dibangun?

3. Bagaimana menghitung Ulang Struktur Bangunan atas Gedung Kozko dari data tanah yang sesuai dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah?
4. Bagaimana menuangkan hasil perhitungan struktur kedalam gambar teknik

1.3 Batasan Masalah

Batasan yang akan dibahas pada Proposal Tugas Akhir dengan judul “Perencanaan Ulang Struktur Bangunan Gedung Kozko *Citraland* dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah” adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan ini menggunakan data tanah daerah mamuju dengan kota tetap surabaya
2. Perencanaan ini hanya membahas struktural dari bangunan tersebut dan tidak membahas manajemen konstruksi
3. Perhitungan gempa menggunakan metode analisis Statik Ekuivalen
4. Perencanaan ini tidak membahas tentang sistem utilitas bangunan, pembuangan saluran air bersih, instalasi AC, finishing, dan lain-lain
5. Perencanaan ini tidak merencanakan bangunan bawah
6. Hanya meninjau 2 portal pada struktur bangunan (portal memanjang dan portal melintang)

1.4 Tujuan

Tujuan dari judul proposal “Perencanaan Ulang Struktur Bangunan Gedung Kozko *Citraland* dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah” sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui data tanah yang sesuai dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah
2. Untuk merencanakan *Preliminary Design* yang sesuai dengan jenis tanah pada bangunan yang akan dibangun

3. Untuk menghitung Ulang Struktur Bangunan atas gedung Kozko dari data tanah yang sesuai dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah
4. Untuk menuangkan hasil perhitungan struktur kedalam gambar teknik

1.5 Manfaat

Manfaat yang akan dibahas pada Proposal Tugas Akhir dengan judul “Perencanaan Ulang Struktur Bangunan Gedung Kozko *Citraland* dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah” adalah sebagai berikut :

1. Mahasiswa dapat merencanakan dan menghitung struktur gedung bertingkat dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah
2. Mahasiswa dapat merencanakan *Preliminary Design* yang sesuai dengan jenis tanah pada bangunan yang akan dibangun
3. Mahasiswa dapat menghitung ulang struktur gedung bertingkat sesuai dengan SNI yang ditentukan dalam batasan masalah
4. Mahasiswa dapat menuangkan hasil perhitungan struktur kedalam gambar teknik

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Dalam perancangan struktur gedung, pengaruh gempa merupakan salah satu hal yang penting untuk dianalisa, mengingat bahwa wilayah kepulauan Indonesia terletak didaerah yang rawan gempa. Oleh karena itu, diperlukan suatu perancangan yang baik terhadap bahaya gempa agar tidak terjadi tingkat kecelakaan dan kerugian yang besar. Dalam tugas akhir ini akan direncanakan struktur gedung beton bertulang menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah dengan memperkuat dan mengganti *preliminary design* yang semula. Struktur yang akan direncanakan adalah Kozko dengan 5 lantai dan direncanakan pada daerah yang termasuk zona 3 pada ketahanan gempanya, dimana ditinjau dengan menggunakan analisa pengaruh beban statik ekuivalen.

2.2 Peraturan yang Digunakan

Tabel 2.1 Peraturan yang digunakan

| SNI | Judul SNI |
|------------------|---|
| SNI 03-1726-2012 | Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung |
| SNI 2847-2012 | Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung |
| SNI 1727 – 2013 | Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain |

2.3 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah

Rangka momen adalah rangka dimana komponen struktur dan joint menahan gaya melalui lentur, geser, dan gaya aksial. Rangka momen yang ditetapkan sebagai bagian sistem penahan gaya gempa bisa dikategorikan menjadi tiga, yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa, Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah, dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus. Namun didalam Proposal Tugas Akhir ini penahan gaya gempanya menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah. Pengertian Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah itu sendiri merupakan suatu metode perencanaan struktur sistem rangka pemikul momen yang menitik beratkan kewaspadaannya terhadap kegagalan struktur akibat keruntuhan geser dimana semua rangka struktur bangunan memikul beban gravitasi dan beban lateral yang diakibatkan oleh beban gempa. Persyaratan yang berlaku untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah yang membentuk bagian sistem penahan gaya gempa menurut SNI 2847-2013 pasal 21.3 yaitu:

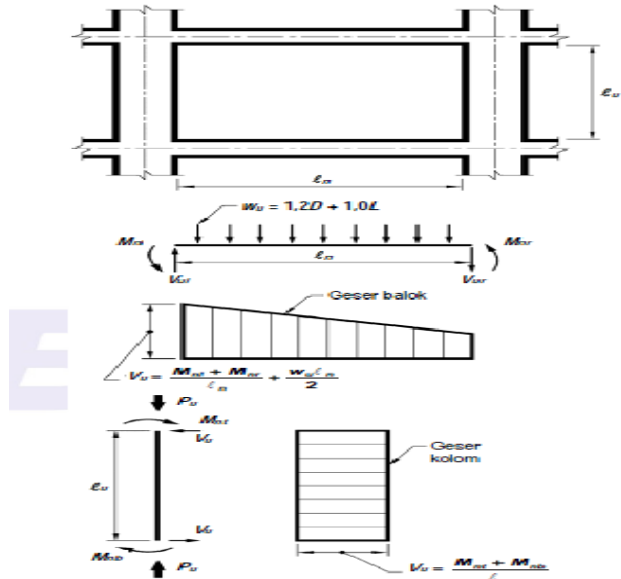
2.3.1 Detail Tulangan

Detail tulangan pada komponen struktur rangka harus memenuhi balok bila gaya tekan aksial terfaktor (P_u) untuk komponen struktur yang tidak melebihi $A_g f_c' / 10$.

Bila P_u lebih besar, maka detail tulangan rangka harus memenuhi kolom. Bila sistem slab dua arah tanpa balok membentuk sebagian dari sistem penahan gaya gempa, detail tulangan pada sebarang bentang yang menahan momen yang diakibatkan oleh pengaruh gempa (E) harus memenuhi slab dua arah tanpa balok.

2.3.2 Kekuatan Geser

- Kekuatan geser nominal (ϕV_n) balok yang menahan pengaruh gempa (E) tidak boleh kurang dari :
 1. Jumlah geser yang terkait dengan pengembangan kekuatan lentur nominal (M_n) balok pada setiap ujung bentang bersih yang terkekang akibat lentur kurvatur balik dan geser yang dihitung untuk beban gravitasi terfaktor.
 2. Geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain yang melibatkan pengaruh gempa (E), dengan E diasumsikan sebesar dua kali yang ditetapkan oleh tata cara bangunan umum yang diadopsi secara legal untuk desain tahan gempa.
- Kekuatan geser nominal (ϕV_n) kolom yang menahan pengaruh gempa (E) tidak boleh kurang dari :
 1. Geser yang terkait dengan pengembangan kekuatan momen nominal kolom pada setiap ujung terkekang dari panjang yang tak tertumpu akibat lentur kurvatur balik. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur tertinggi
 2. Geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain yang melibatkan pengaruh gempa (E), dengan E ditingkatkan oleh Ω_o . Lihat gambar S21.3.3 pasal 21.3.5.1 SNI 2847-2013.



Gambar 2.1 Geser desain untuk rangka momen menengah

2.4 Pembebanan

Beban yang bekerja pada struktur dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu beban vertikal dan beban horisontal. Beban vertikal meliputi beban mati dan beban hidup. Untuk beban horisontal dalam hal ini yaitu berupa beban angin dan beban gempa

2.4.1 Beban Vertikal

1. Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati merupakan semua berat sendiri gedung dan segala unsur tambahan yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung yang fungsi strukturalnya menahan beban dari berat sendiri. Elemen – elemen tersebut terdiri dari :

- a. Beban mati pada pelat lantai, terdiri dari :
 - Berat sendiri pelat
 - Beban pasangan keramik
 - Beban spesi
 - Beban plafond dan rangka
- b. Beban mati pada balok, terdiri dari :
 - Berat sendiri balok
 - Beban mati pada pelat
 - Beban dinding setengah bata
- c. Beban mati pada atap, terdiri dari :
 - Berat sendiri pelat
 - Beban plafond dan rangka
2. Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup merupakan semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah. Beban hidup pada lantai gedung diambil menurut SNI 1727-2013 pada tabel 4.1

Tabel 2.2 Beban hidup terdistribusi merata minimum, Lo dan beban hidup terpusat minimum

| | | |
|--|------------------------|--|
| Rumah tinggal | | |
| Hunian (satu keluarga dan dua keluarga) | | |
| Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang | 10 (0,48) ^l | |
| Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang | 20 (0,96) ^m | |
| Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur | 30 (1,44) | |
| Semua ruang kecuali tangga dan balkon | 40 (1,92) | |
| Semua hunian rumah tinggal lainnya | | |
| Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka | 40 (1,92) | |
| Ruang publik ^a dan koridor yang melayani mereka | 100 (4,79) | |

2.4.2 Beban Horizontal

1. Beban Gempa (*Earthquake Load*)

Dalam perencanaan beban gempa pada gedung Kozko Citraland surabaya dihitung dengan

menggunakan statik ekivalen. Dengan mengacu pada kombinasi pembebanan SNI 1726-12012. Berikut ini adalah urutan cara menghitung beban gempa menggunakan statik ekivalen :

- a. Untuk perhitungan beban gempa digunakan data tanah SPT kemudian dilakukan perhitungan nilai SPT rata –rata (N_{spt}) sesuai SNI 1726-2012

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n \frac{di}{ni}}$$

- b. Dari nilai \bar{N}_{spt} dapat ditentukan kelas situs tanah dengan tabel 3 pasal 5.3 berikut ini sesuai dengan SNI 1726-2012

Tabel 2.3 Klasifikasi khusus

| Kelas situs | \bar{v}_s (m/detik) | \bar{N} atau \bar{N}_{ch} | \bar{s}_u (kPa) |
|---|-----------------------|-------------------------------|-------------------|
| SA (batuan keras) | >1500 | N/A | N/A |
| SB (batuan) | 750 sampai 1500 | N/A | N/A |
| SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak) | 350 sampai 750 | >50 | ≥ 100 |
| SD (tanah sedang) | 175 sampai 350 | 15 sampai 50 | 50 sampai 100 |

| | | | |
|---|--|------|------|
| SE (tanah lunak) | < 175 | < 15 | < 50 |
| | Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25 \text{ kPa}$ | | |
| SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1) | Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3 \text{ m}$) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5 \text{ m}$ dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35 \text{ m}$ dengan $\bar{s}_u < 50 \text{ kPa}$ | | |

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai

- c. Setelah mengetahui kelas situs tanah kemudian mencari KDS untuk lokasi bangunan tersebut sesuai SNI 1726-2012 pada tabel 6 dan 7 pasal 6.5

Tabel 2.4 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek

| Nilai S_{D1} | Kategori risiko | |
|-----------------------------|--------------------|----|
| | I atau II atau III | IV |
| $S_{D1} < 0,167$ | A | A |
| $0,067 \leq S_{D1} < 0,133$ | B | C |
| $0,133 \leq S_{D1} < 0,20$ | C | D |
| $0,20 \leq S_{D1}$ | D | D |

- d. Setelah mengetahui kelas situs tanah, kemudian mencari nilai S_s dan S_1 berdasarkan peta hazzard gempa Indonesia 2010

Tabel 2.5 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

| Nilai S_{DS} | Kategori risiko | |
|----------------------------|--------------------|----|
| | I atau II atau III | IV |
| $S_{DS} < 0,167$ | A | A |
| $0,167 \leq S_{DS} < 0,33$ | B | C |
| $0,33 \leq S_{DS} < 0,50$ | C | D |
| $0,50 \leq S_{DS}$ | D | D |

- e. Menentukan koefisien situs periode 0,2 detik (F_a) dan koefisien situs periode 1 detik (F_v) berdasarkan tabel 4 dan tabel 5 pasal 6.2 sesuai SNI 1726-2012

Tabel 2.6 Koefisien Situs, F_a

| Kelas situs | Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s | | | | |
|-------------|--|-------------|--------------|-------------|-----------------|
| | $S_s \leq 0,25$ | $S_s = 0,5$ | $S_s = 0,75$ | $S_s = 1,0$ | $S_s \geq 1,25$ |
| SA | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| SB | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| SC | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 1,0 |
| SD | 1,6 | 1,4 | 1,2 | 1,1 | 1,0 |
| SE | 2,5 | 1,7 | 1,2 | 0,9 | 0,9 |
| SF | SS ^b | | | | |

CATATAN:

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier
 (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Tabel 2.7 Koefisien situs, F_v

| Kelas situs | Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode 1 detik, S_1 | | | | |
|-------------|--|-------------|-------------|-------------|----------------|
| | $S_1 \leq 0,1$ | $S_1 = 0,2$ | $S_1 = 0,3$ | $S_1 = 0,4$ | $S_1 \geq 0,5$ |
| SA | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| SB | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| SC | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,3 |
| SD | 2,4 | 2 | 1,8 | 1,6 | 1,5 |
| SE | 3,5 | 3,2 | 2,8 | 2,4 | 2,4 |
| SF | SS^b | | | | |

CATATAN :

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier
 (b) SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

- f. Menentukan parameter spektrum respons percepatan pada periode 0,2 detik (S_{MS}) sesuai dengan SNI 1726-2012

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

- g. Menentukan parameter spektrum respons percepatan pada periode 1 detik (S_{M1}) sesuai SNI 1726-2012

$$S_{M1} = F_b \times S_1$$

- h. Parameter percepatan spektral desain untuk periode 0,2 detik sesuai SNI 1726-2012

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS}$$

- i. Parameter percepatan spektral desain untuk periode 1 detik sesuai SNI 1726-2012

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{M1}$$

- j. kemudian untuk menentukan besar periode (T) pada suatu bangunan sesuai SNI 1726-2012 pasal 7.8.2.1

$$T = C_t \times h n^x$$

Dimana : $h n$: Tinggi bangunan (m)

$$C_t : 0,0466$$

$$x : 0,9$$

- k. Membuat respons spektrum gempa sesuai SNI 1726-2012

- Untuk perioda lebih kecil T_0 , spektrum respons percepatan desain :

$$S_a = S_{DS} (0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0})$$

- Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain :

$$S_a = S_{DS}$$

- Untuk perioda lebih besar T_s , spektrum respons percepatan desain :

$$S_a = \frac{SD1}{T}$$

- l. Menentukan kategori resiko dan faktor keutamaan gempa (I) struktur bangunan sesuai dengan SNI 1726-2012 bisa dilihat pada tabel 1 dan tabel 2 pasal 4.1.2 dibawah ini :

Tabel 2.8 Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

| | |
|---|----|
| <p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik | II |
|---|----|

Tabel 2.9 Faktor keutamaan gempa

| Kategori risiko | Faktor keutamaan gempa, I_e |
|-----------------|-------------------------------|
| I atau II | 1,0 |
| III | 1,25 |
| IV | 1,50 |

- m. Menentukan nilai koefisien modifikasi respon (R) sesuai SNI 1726-2012 diuraikan pada tabel 9 pasal 7.2.2

Tabel 2.10 Faktor R, Cd, dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya

| Sistem penahan-gaya seismik | Koefisien modifikasi respons, R^a | Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^g | Faktor pembesaran defleksi, C_d^b | Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_s (m) c | | | | |
|--|-------------------------------------|--|-------------------------------------|---|----|-------------|---------|---------|
| | | | | Kategori desain seismik | | | | |
| | | | | B | C | D d | E d | F e |
| 24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya | 2½ | 2½ | 2½ | TB | TB | 10 | TB | TB |
| 25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk | 8 | 2½ | 5 | TB | TB | 48 | 48 | 30 |
| 26. Dinding geser pelat baja khusus | 7 | 2 | 6 | TB | TB | 48 | 48 | 30 |
| C. Sistem rangka pemikul momen | | | | | | | | |
| 1. Rangka baja pemikul momen khusus | 8 | 3 | 5½ | TB | TB | TB | TB | TB |
| 2. Rangka batang baja pemikul momen khusus | 7 | 3 | 5½ | TB | TB | 48 | 30 | TI |
| 3. Rangka baja pemikul momen menengah | 4½ | 3 | 4 | TB | TB | 10 h,i | TI h | TI i |
| 4. Rangka baja pemikul momen biasa | 3½ | 3 | 3 | TB | TB | TI h | TI h | TI i |
| 5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus | 8 | 3 | 5½ | TB | TB | TB | TB | TB |
| 6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah | 5 | 3 | 4½ | TB | TB | TI | TI | TI |

- n. Menghitung gaya geser dasar seismik (V) sesuai SNI 1726 2012

$$V_s = C_s \times W$$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)}$$

$$\text{Sehingga, } V = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)} \times W$$

- o. Menghitung gaya geser dasar seismik per lantai (F) sesuai SNI 1726-2012

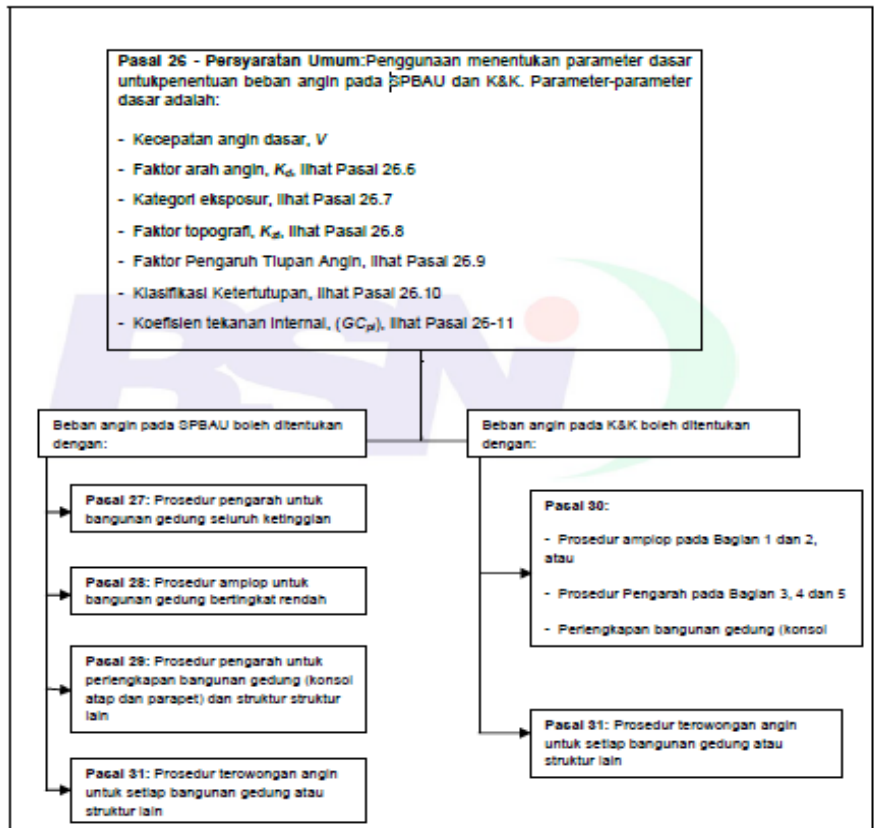
$$F_x = C_{vx} \times V$$

$$C_{vx} = \frac{w_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i \cdot h_i^k}$$

$$\text{Sehingga, } F_x = \frac{w_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i \cdot h_i^k} \times V$$

2. Beban Angin

Berdasarkan SNI 1727-2013 beban angin dapat dijelaskan dalam pasal 26. Dan dibawah ini merupakan penjelasan garis besar dari beban angin yang terdapat pada gambar 26.1.1 SNI 1727-2013



Gambar 2.2 Garis besar proses digunakan untuk menentukan beban angin. Garis tambahan catatan yang tersedia pada awal setiap pasal untuk prosedur langkah – demi langkah lebih detail dalam menentukan beban angin

2.4.3 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang dipakai sesuai dengan Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 2847-2013 pasal 9.2.1 yaitu :

2.4.3.1 Kekuatan Perlu

Kekuatan perlu harus paling tidak sama dengan pengaruh beban terfaktor sebagai berikut :

$$U = 1,4 D$$

$$U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$$

$$U = 1,2 D + 1,6 L(Lr \text{ atau } R) + (1,0 L \text{ atau } 0,5W)$$

$$U = 1,2 D + 1,0 W + 1,0 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$$

$$U = 1,2 D + 1,0 E + 1,0 L$$

$$U = 0,9 D + 1,0 W$$

$$U = 0,9 D + 1,0 E$$

2.4.3.2 Kuat rencana

Kuat rencana suatu komponen struktur, sambungannya dengan komponen struktur lain, dan penampangnya, sehubungan dengan perilaku lentur, beban normal, geser, dan torsi harus diambil sebagai hasil kali kuat nominal, yang dihitung berdasarkan ketentuan dan asumsi dari SNI 2847-2013, dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan (ϕ).

2.5 Elemen Struktur

Suatu bangunan bertingkat tinggi dari elemen-elemen yang bila dipadukan menghasilkan suatu sistem rangka menyeluruh. Elemen – elemen struktur pada perancangan ini meliputi pelat, balok, kolom, dan pondasi. Namun karena pada Tugas Akhir hanya membahas tentang elemen struktur atas maka pada pembahasan tidak membahas mengenai struktur bahwa, oleh karena itu definisi dari elemen – elemen struktur yang menjadi pendukung utama bangunan atas sebagai berikut :

2.5.1 Pelat

Pelat adalah komponen struktur yang merupakan sebuah bidang datar yang lebar dengan permukaan atas

dan bawahnya sejajar. Pelat dianalisa sebagai dua atau satu arah saja, tergantung sistem strukturnya. Bila perbandingan antara panjang dan lebar pelat tidak melebihi 2, digunakan penulangan 2 arah (Dipohusodo, 1996).

Jenis-jenis pelat terdiri dari (Jumawa, Jimmy S, 2005) :

- a. Pelat satu arah (one way slab) ditumpu oleh balok anak yang ditempatkan sejajar satu dengan yang lainnya, dan perhitungan pelat dapat dianggap sebagai balok tipis yang ditumpu oleh banyak tumpuan.
- b. Pelat 2 arah yaitu pelat yang keempat sisanya ditumpu oleh balok dengan perbandingan $l_y/l_x \leq 2$, perhitungan pelat didasarkan umumnya dilakukan dengan pendekatan dua arah yang tercantum dalam tabel momen pelat dua arah akibat beban terbagi rata.

2.5.2 Balok

Balok adalah elemen struktur yang menyalurkan beban – beban dari pelat lantai ke penyangga yang vertikal (Nawy,1990). Balok merupakan elemen struktural yang didesain untuk menahan gaya-gaya yang bekerja secara transversal terhadap sumbunya sehingga mengakibatkan terjadinya momen lentur dan gaya geser sepanjang bentangnya. Berdasarkan jenis keruntuhan, keruntuhannya, keruntuhan yang terjadi pada balok dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok sebagai berikut ini:

1. Penampang *balanced*

Tulangan tarik mulai leleh tepat pada saat beton mencapai regangan batasnya dan akan hancur karena tekan. Pada awal terjadinya keruntuhan, regangan tekan yang diijinkan pada saat serat tepi yang tertekan adalah 0,003,

sedangkan regangan baja sama dengan regangan lelehnya yaitu $\epsilon_y = f_y/E_s$

2. Penampang *over-reinforced*

Keruntuhan ditandai dengan hancurnya beton yang tertekan. Pada awal keruntuhan, regangan baja E_s yang terjadi masih lebih kecil daripada regangan lelehnya ϵ_y . Dengan demikian tegangan baja f_s juga lebih kecil daripada tegangan lelehnya ϵ_y , kondisi ini terjadi apabila tulangan yang digunakan lebih banyak daripada yang diperlukan dalam keadaan *balanced*.

3. Penampang *under reinforced*

Keruntuhan ditandai dengan terjadinya leleh pada tulangan baja. Tulangan baja ini terus bertambah panjang dengan bertambahnya regangan ϵ . Kondisi penampang yang demikian dapat terjadi apabila tulangan tarik yang dipakai pada balok bertulang kurang dari yang diperlukan dibawah kondisi *balanced* (Nawy, 2008)

2.5.3 Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari atas. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (collapse) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (total collapse) seluruh struktur (Sudarmo, 1996)

2.5.4 Tangga

Tangga adalah sebuah konstruksi yang dirancang untuk menghubungkan dua tingkat vertikal yang memiliki jarak satu sama lain. Tangga tersusun atas beberapa bagian, seperti ibu tangga, anak

tangga, railing, bordes. Tangga dapat bersifat permanen maupun non permanen. Tangga dapat berbentuk lurus, huruf “L”, huruf “U”, memutar atau merupakan dari kombinasinya.

2.6 Perencanaan Elemen Struktur

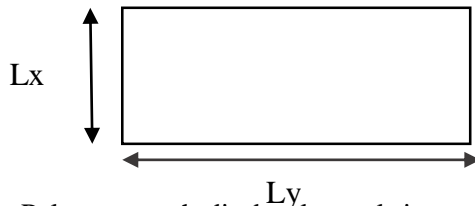
2.6.1 Perencanaan Pelat

2.6.1.1 Penentuan Jenis Pelat

Ada dua jenis pelat yaitu pelat satu arah dan pelat dua arah :

a. Pelat satu arah

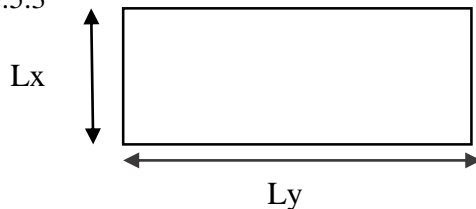
Pelat satu arah adalah pelat yang didukung pada dua tepi yang berhadapan sehingga lenturan hanya timbul dalam satu arah. dan pelat yang dikatakan satu arah apabila bentang panjang/bentang pendek > 2 , dimana L_x = bentang pendek dan L_y = bentang panjang.



Pelat satu arah disebut konstruksi satu arah non prategang yang diatur pada SNI 2847-2013 Pasal 9.5.2.

b. Pelat dua arah

Pelat dua arah adalah pelat yang didukung pada empat tepinya, sehingga lenturan yang timbul dua arah. pelat dua arah atau konstruksi dua arah non-prategang diatur pada SNI 2847-2013 Pasal 9.5.3



Bila $L_y/L_x \leq 2$, dimana L_x = bentang pendek dan L_y = bentang panjang. Untuk menentukan tebal minimumnya menggunakan menggunakan tabel 9.5(c) berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.2 dan tidak boleh kurang dari nilai berikut:

- Tanpa panel drop yaitu 125 mm

Tabel 2.11 Tebal minimum pelat tanpa balok interior

| Komponen struktur | Tebal minimum, h | | | |
|---|---|--------------------|---------------------|------------|
| | Tertumpu sederhana | Satu ujung menerus | Kedua ujung menerus | Kantilever |
| | Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar | | | |
| Pelat masif satu-arah | $\ell/20$ | $\ell/24$ | $\ell/28$ | $\ell/10$ |
| Balok atau pelat rusuk satu-arah | $\ell/16$ | $\ell/18,5$ | $\ell/21$ | $\ell/8$ |
| <p>CATATAN: Panjang bentang dalam mm. Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut: (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (<i>equilibrium density</i>), w_c, di antara 1440 sampai 1840 kg/m³, nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09. (b) Untuk f_c selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_c/700)$.</p> | | | | |

- Dengan panel drop yaitu 100 mm

2.6.1.2 Tebal Minimum pada pelat

Tabel 2.12 Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung

| Tegangan leleh, f_y MPa [†] | Tanpa penebalan [‡] | | Dengan penebalan [‡] | | | |
|---|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------------------|----------------|
| | Panel eksterior | | Panel interior | Panel eksterior | | Panel interior |
| | Tanpa balok pinggir | Dengan balok pinggir [§] | | Tanpa balok pinggir | Dengan balok pinggir [§] | |
| 280 | $\ell_n / 33$ | $\ell_n / 36$ | $\ell_n / 36$ | $\ell_n / 36$ | $\ell_n / 40$ | $\ell_n / 40$ |
| 420 | $\ell_n / 30$ | $\ell_n / 33$ | $\ell_n / 33$ | $\ell_n / 33$ | $\ell_n / 36$ | $\ell_n / 36$ |
| 520 | $\ell_n / 28$ | $\ell_n / 31$ | $\ell_n / 31$ | $\ell_n / 31$ | $\ell_n / 34$ | $\ell_n / 34$ |

[†]Untuk konstruksi dua arah, ℓ_n adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.
[‡]Untuk f_y antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.
[§]Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5.
[§]Pelat dengan balok di antara kolom kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai α untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.

a. Pelat satu arah

- Penentuan tebal minimum untuk pelat satu arah dengan lendutan tidak dihitung dan telah diatur pada SNI 2847-2013 pasal 9.5.2.2 pada tabel 9.5(a)
- Bila lendutan harus dihitung, maka lendutan yang terjadi seketika sesudah bekerjanya beban harus dihitung dengan metoda atau formula standar untuk lendutan elastis, dengan memperhitungkan pengaruh retak dan tulangan terhadap kekakuan komponen struktur. Sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 9.5.2.2

b. Pelat dua arah

- Tebal minimum tanpa balok interior yang membentang diantara tumpuan semua

sisinya harus memenuhi ketentuan pada SNI 2847 2013 pasal 9.5.3.3 sebagai berikut :

- Untuk $\alpha_{fm} \leq 0,2$ harus menggunakan 9.5.3.2 atau sesuai dengan yang diatur dalam tabel 9.5(c)
- Untuk $\alpha_{fm} \geq 0,2 \leq 2$, ketebalan pelat minimum harus tidak boleh kurang dari:

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta (\alpha_{fm} - 0,2)}$$

Dan juga tidak boleh kurang dari 125 mm

- Untuk $\alpha_{fm} \geq 2$, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta}$$

Dan tidak boleh kurang dari 90 mm

Dimana :

h : tebal plat

α_m : nilai α rata-rata untuk semua balok tepi dari suatu panel

β : rasio bentang bersih arah memanjang terhadap arah memendek pelat ($\beta = \frac{Ln}{sn}$)

Ln : bentang bersih arah memanjang pelat

Sn : bentang bersih arah memendek pelat

- Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan αf tidak kurang dari 0,8 atau sebagai alternatif ketebalan minimum yang ditentukan dalam persamaan diatas harus dinaikkan paling tidak 10 persen

pada panel dengan tepi yang tidak menerus.

- Bagian l_n dalam persamaan diatas adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang diukur muka ke muka balok. Bagian β dalam persamaan diatas adalah rasio bentang bersih dalam arah panjang terhadap pendek pelat.
- Lebar efektif sayap (b_e) untuk balok L (diambil nilai yang terkecil)

$$b_e = b_w + h_b \leq b_w + 4h_f$$

- Lebar efektif sayap (b_e) untuk balok T (diambil nilai yang terkecil) sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 13.2.4

$$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$$

- Faktor modifikasi (k) momen inersia penampang bersayap bisa dinyatakan sebagai momen inersia penampang segi empat yang di modifikasikan berdasarkan buku (Wang. C. Salman)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w}\right) \left[4 - 6\frac{t}{h} + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

Dimana : h : tinggi total balok

t : tebal total pelat

b_e : lebar efektif sayap

b_w : lebar badan balok

2.6.1.3 Penulangan Pelat

- Rasio penulangan pelat

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{balance}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 x m x Rn}{f_y}} \right)$$

$$A_s = \rho \text{ perlu} \times b \times d$$

- Kontrol jarak spasi tulangan
 - Sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 13.3.2 spasi tulangan pada penampang kritis tidak boleh melebihi dua kali tebal pelat
 - Periksa tulangan susut dan suhu
 - a. Tulangan untuk tulangan susut dan suhu tegak lurus terhadap tulangan lentur harus disediakan dalam pelat struktural dimana lentur menerus dalam satu arah saja sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 7.12.1
 - b. Menurut SNI 2847-2013 pasal 7.12.2.1 luasan tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014 :
 1. Pelat yang menggunakan betang tulangan ulir mutu 280 atau kawat 350 adalah 0,0020
 2. Pelat yang menggunakan batanng tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 420 adalah 0,0018
 3. Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan

melebihi 420 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35 persen adalah $\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$

- c. Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan spasi tidak lebih jauh dari lima kali tebal pelat atau tidak lebih jauh dari 450 mm
- Panjang penyaluran pelat tanpa balok harus mempunyai perpanjangan minimum sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 13.3.8.1

| LAJUR | LOKASI | A. MINIMUM PADA PENAMPANG | TANPA PANEL TURUN | DENGAN PANEL TURUN |
|--------------|--------|---------------------------|-------------------|--------------------|
| LAJUR KOLOM | ATAS | SISA 50% | | |
| | DAWAH | 100% | | |
| LAJUR TENGAH | ATAS | 100% | | |
| | BAWAH | SISA 50% | | |
| | | | | |

Gambar 2.3 Perpanjangan minimum untuk tulangan slab tanpa balok

- Penyaluran momen positif paling sedikit sepertiga tulangan momen positif pada komponen struktur sederhana dan seperempat tulangan momen positif pada komponen struktur menerus diteruskan sepanjang muka komponen struktur yang sama kedalam tumpuan menurut SNI 2847-2013 pasal 12.11.1
- Tulangan momen positif yang tegak lurus terhadap tepi tak menerus harus menerus ke tepi pelat dan mempunyai penamaan, lurus atau kait paling sedikit 150mm dalam balok tepi (spandrel) kolom, atau dinding menurut SNI 2847-2013 pasal 13.3.3
- Penyaluran momen negatif paling sedikit sepertiga tulangan tarik total yang dipasang untuk momen negatif pada tumpuan harus mempunyai panjang penamaan melewati titik belok tidak kurang dari d , $1/2d$ atau $L_n/16$, yang mana yang lebih besar menurut SNI 2847 -2013 pasal 12.12.3
- Tulangan momen negatif yang tegak lurus terhadap tepi tak menerus harus dibengkokkan, dikait, atau jika tidak diangkur dalam balok tepi (spandrel), kolom, atau dinding, dan harus disalurkan pada muka tumpuan menurut SNI 2847-2013 pasal 13.3.4

2.6.2 Perencanaan Balok

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.3.4 syarat-syarat dari rangka momen menengah, perhitungan tulangan balok portal yang mempunyai gaya tekan

aksial terfaktor, kurang dari $A_g \cdot f_c' / 10$, harus memenuhi ketentuan berikut ini :

- Kekuatan momen positif pada muka joint $\geq 1/3$ kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint
- Kekuatan momen negatif atau positif pada sebarang penampang $\geq 1/5$ kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint

2.6.2.1 Perencanaan dimensi balok

Perencanaan dimensi balok ini digunakan untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan-tulangan mutu 240 Mpa. Untuk merencanakan tebal minimum balok, h , pada balok induk nilai h dapat diambil sebesar $L/12$. Sedangkan pada balok anak, nilai h dapat diambil sebesar $L/21$. Untuk balok kantilever, nilai h dapat diambil sebesar $L/8$. Untuk f_y selain 240 Mpa, nilai h harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$. Untuk merencanakan lebar balok, b , dapat diambil $2/3$ dari tebal minimum balok.

2.6.2.2 Perencanaan tulangan lentur balok

- a. Tentukan nilai momen tumpuan dan lapangan pada balok (dari hasil output SAP 2000)
- b. Rencanakan f_y , f_c' , d , d' , dan d''
- c. Hitung M_n dimana $\phi = 0,8$ sesuai pada SNI 2847-2013

$$M_n = \frac{Mu}{\phi}$$

- d. Hitung R_n sesuai pada SNI 2847-2013

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2}$$

- e. Hitung m sesuai pada buku *Wang.C.Salmon hal 55 pers. 3.8.4.a*

$$M = \frac{f_y}{0,85 f_c}$$

f. Hitung ρ sesuai pada SNI 2847-2013 pasal 10.5.1

- $P = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m Rn}{fy}} \right)$
- $P_{\min} \leq P \leq P_{\max} = 0.75 b = 0.75 \frac{0.85 f' c \beta_1 600}{fy (600 + fy)}$
- $P_{\min} = \frac{1.4}{fy}$
- $\rho = \frac{As}{bd}$

g. Bila $\rho > \rho_{\max}$ maka ada 2 pilihan

- Dimensi balok diperbesar hingga $\rho < \rho_{\max}$
- Bila dimensi tetap maka dipakai balok tulangan rangkap, dengan cara:
 - Pakai Tabel (terdapat pada modul mata kuliah struktur beton)
 - Pakai analitis dengan langkah:
 1. Hitung M_u dan M_n
 2. Hitung X_b (garis netral dalam kondisi balanced)

$$X_b = \frac{600}{600 + fy} d$$
 3. Hitung X_r (garis netral rencana), untuk mengurangi lendutan disarankan pakai $X_r = 0.5X_b$

$$X_r \leq 0.75X_b$$
 4. Hitung A_{sc}

$$A_{sc} = \frac{0.85 \beta_1 f_c b X_r}{fy}$$
 5. Hitung M_{nc}

$$M_{nc} = A_{sc} f_c \left(d - \frac{\beta_1 X_r}{2} \right)$$
 6. Hitung $M_n - M_{nc}$
 - Bila $M_n - M_{nc} > 0$ perlu tulangan tekan
 - Bila $M_n - M_{nc} < 0$ tidak perlu tulangan tekan

- h. Bila perlu tulangan tekan, hitung

$$C_s' = T_2 = \frac{Mn - Mnc}{d - d^n}$$

- i. Hitung

$$F_s' = \left(1 - \frac{d^n}{xr}\right) \geq f_y \rightarrow \text{tulangan teka leleh } f_s' = f_y$$

$$F_s' = \left(1 - \frac{d^n}{xr}\right) \leq f_y \rightarrow \text{tulangan teka tidak leleh } f_s' = f_s'$$

- j. Hitung tulangan tekan perlu dan tulangan tarik tambahan

$$A_s' = \frac{C_s'}{(f_s' - 0.85 f_c')} A_{ss} = \frac{T_2}{f_y}$$

- k. Tulangan perlu

$$A_s = A_{sc} + A_{ss}$$

$$A_s' = A_s'$$

$(Mn - Mnc) < 0$; tidak perlu tulangan rangkap

$$\bullet \quad m = \frac{f_y}{\phi \cdot 0.85 \cdot f_c'}$$

$$\bullet \quad \rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot x \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right)$$

Jika $\rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{min}}$, maka ρ_{perlu} dinaikkan 30% sehingga

$$\bullet \quad P_{\text{pakai}} = 1.3 \times \rho_{\text{perlu}}$$

$$\bullet \quad A_s = \rho_{\text{perlu}} \times b \times x$$

- l. Kontrol jarak spasi tulangan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 7.6.2 sebagai berikut :

$$s = \frac{bw - (2 \text{ deeking}) - (2 \phi \text{ tul.sengakang}) - (n \phi \text{ tul.utama})}{\frac{n-1}{\text{Dimana } s \geq 25\text{mm}}}$$

- m. Kontrol kekuatan momen penampang berdasarkan SNI 2847-2013

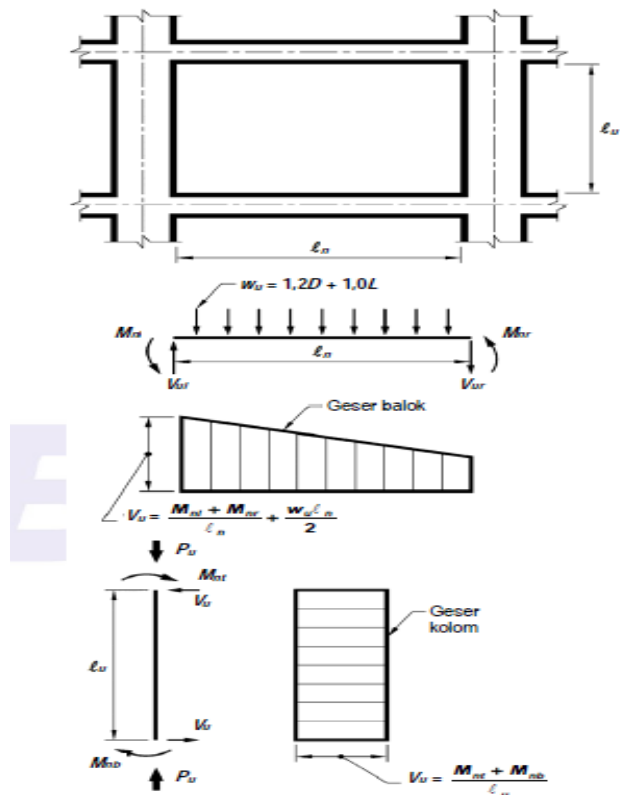
$$\phi / Mn \geq Mu$$

2.6.2.3 Perencanaan tulangan geser balok

Langkah awal dalam menentukan tulangan geser balok berdasarkan ketentuan dari rangka pemikul momenmenengah adalah mencari nilai ϕV_n balok

yang menahan gempa, E , tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari :

- a. Jumlah geser yang terkait dengan pengembangan M_n balok pada setiap ujung bentang bersih yang terkekang akibat lentur kurvatur balik dan geser yang dihitung untuk beban terfaktor gravitasi terfaktor



- b. Geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban yang melibatkan E, dengan E diasumsikan sebesar dua kali yang ditetapkan oleh tata cara

bangunan umum yang diadopsi secara legal untuk desain tahan gempa.

Didalam kekuatan geser nominl beton, V_n , merupakan kombinasi dari kuat geser yang dipikul oleh beton, V_c dan kuat geser yang dipikul oleh baja tulangan, V_s . Yang mana kekuatann geser nominal dapat dihitung dengan persamaan :

$$V_n = V_c + V_s$$

Dimana besarnya V_c adalah kekuatan geser nominal yang disediakan oleh beton yang dihitung untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur menurut SNI 2847-2013 pasal 11.2.1

$$V_c = 0,12 \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f'c'} b_w d$$

Dan besarnya V_s minimum yang harus dimiliki oleh tulangan geser adalah :

$$V_s (\text{min}) = \frac{1}{3} b_w d$$

Dalam merencanakan tulangan geser, pada dasarnya dibagi atas beberapa kondisi sebagai berikut :

Kondisi 1 $V_u \leq 0,5\phi V_c$

Kondisi 2 $0,5\phi V_c < V_u < \phi V_c$

Kondisi 3 $\phi V_c < V_u \leq \phi (V_c + V_{s(\text{min})})$

Kondisi 4 $\phi (V_c + V_{s(\text{min})}) < V_u \leq \phi (V_c + 0,33\sqrt{f'c'} b_w d)$

Kondisi 5 $\phi (V_c + 0,33\sqrt{f'c'} b_w d) < V_u \leq \phi (V_c + 0,66\sqrt{f'c'} b_w d)$

Perencanaan geser minimum digunakan apabila gaya geser terfaktor, V_u , masuk pada kondisi 2 dan kondisi 3. Apabila gaya geser terfaktor masuk pada kondisi 4 dan kondisi 5, maka diperlukan tulangan geser. Apabila gaya geser terfaktor masuk pada kondisi 1, tulangan geser harus tetap diberikan mengingat perencanaan menggunakan sistem rangka pemikul momen menengah. Pada perencanaan tulangan geser

minimum, luas tulangan geser, A_v , tidak boleh kurang dari $(0,35b_w s)/f_y t$, dan $V_s = V_{s(\min)}$. Spasi yang digunakan tidak boleh lebih dari $d/2$ pada komponen struktur non-prtegang, atau 600 mm. Sedangkan untuk perencanaan geser yang masuk pada kondisi 4, luas tulangan geser adalah :

$$A_v = \frac{V_s s}{F_y t d}, \text{ dengan } \phi V_s \text{ perlu} = V_u - \phi V_c, \text{ dan}$$

$$s_{\max} \leq \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm}$$

Perencanaan yang masuk kondisi 5, luas tulangan geser sama seperti kondisi 4. Tetapi spasi yang diberikan harus dikurangi setengahnya, atau dalam persamaan dapat ditulis :

$$s_{\max} \leq \frac{d}{2} \leq 300 \text{ mm}$$

2.6.2.4 Perencanaan tulangan torsi balok

Torsi atau momen puntir merupakan momen yang bekerja terhadap sumbu longitudinal balok atau elemen struktur. Torsi dapat terjadi karena bekerjanya beban transversal yang tidak segaris dengan posisi garis berat penampang. Untuk merencanakan tulangan torsi harus sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 11.5.1 sampai 11.5.6 atau 11.5.7.

- Pengaruh torsi boleh diabaikan bila momen torsi terfaktor, T_u kurang dari :

$$\phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \text{ (untuk komponen struktur non-pategang)}$$

- Untuk memikul geser oleh lentur dan puntir, dimensi penampang harus direncanakan sedemikian agar dapat dipenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \phi h}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f'c'}\right) \text{ (untuk penampang solid)}$$

- Untuk mendesain penampang tulangan torsi, harus memenuhi :

$$\emptyset T_n \geq T_u$$

- Pilih sengkang tertutup torsi perlu untuk digunakan sebagai tulangan transversal, maka T_n dapat dihitung dengan :

$$T_n = \frac{2A_o A_t f_{yt}}{s} \cot \theta$$

Dimana A_o harus ditentukan dengan analiss kecuali bahwa A_o boleh diambil sama dengan $0,85A_o$. θ boleh diambil 45° untuk komponen struktur non-prategang atau komponen struktur dengan prategang kurang dari 40 persen kekuatan tarik tulangan longitudinal.

2.6.2.5

Batas spasi untuk tulangan

- Spasi bersih minimum antara batang tulangan yang sejajar dalam suatu lapis harus sebesar db tetapi tidak kurang dari 25 mm sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 7.6
- Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 3.3.2 ukuran maksimum nominal agregat kasar harus tidak melebihi :
 - a. $1/5$ jarak terkecil antara sisi cetakan
 - b. $1/3$ ketebalan slab, ataupun
 - c. $3/4$ jarak bersih minimum antara tulangan atau kaawat, bundel tulangan, atau tendon prategang, atau selongsong
- Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.3.4.2 pada kedua ujung balok, sengkang harus disediakan sepanjang $\geq 2h$ diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus ditempatkan ≤ 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Spasi sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari :
 - a. $d/4$
 - b. $8 \times$ diameter batang tulangan longitudinal terkecil yang dilingkupi

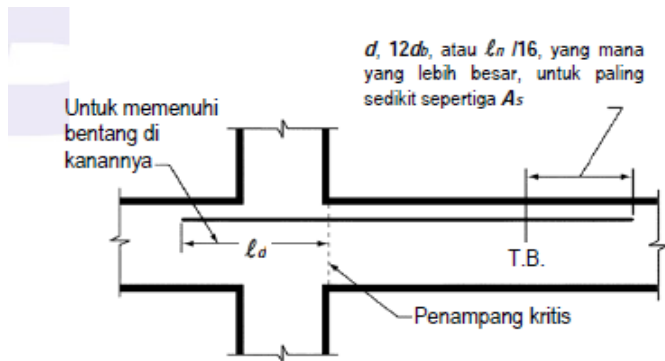
- c. 24 kali diameter batang tulangan sengkang
- d. 300 mm

2.6.2.6. Panjang penyaluran tulangan

- Panjang penyaluran momen positif paling sedikit sepertiga tulangan momen positif pada komponen struktur sederhana dan seperempat tulangan momen positif pada komponen struktur menerus harus diteruskan sepanjang muka komponen struktur yang sama kedalam tumpuan. Pada balok, tulangan tersebut harus diteruskan kedalam tumpuan paling sedikit 150 mm berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.11.1
- Panjang penyaluran momen negatif paling sedikit sepertiga tulangan tarik total yang dipasang untuk momen negatif pada tumpuan harus mempunyai penanaman melewati titik belok tidak kurang dari d , $12d$, atau $L_n/16$, yang mana yang lebih besar berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.12.3 (lihat gambar S12.S12 dibawah ini)

2.6.3 Perencanaan Kolom

Berdasarkan syarat – syarat dari rangka momen menengah, perhitungan tulangan kolom yang mempunyai gaya tekann aksial terfaktor, P_u lebih besar dari $A_g f_c' / 10$, harus memenuhi ketentuan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.3.5.2 sebagai berikut :



Catatan: Biasanya angkur tersebut menjadi bagian tulangan balok di sebelahnya.

(b) Pengankuran ke dalam balok di sebelahnya

Gambar 2.4 Penyaluran tulangan momen negatif

- Pada kedua ujung kolom, sengkang harus disediakan spasi S_o dengan panjangnya l_o diukur dari muka joint. Spasi S_o tidak boleh melebihi yang terkecil dari ketentuan berikut ini :
 - $8 \times$ diameter batang tulangan longitudinal terkecil
 - $24 \times$ diameter batang tulangan begel
 - $\frac{1}{2} \times$ diameter penampang kolom terkecil
 - 300 mm
- Panjang l_o tidak boleh kurang dari yang terbesar dari ketentuan berikut ini :
 - $\frac{1}{6}$ bentang bersih kolom
 - Dimensi penampang maksimum kolom
 - 450 mm
- Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari $S_o/2$ dari muka joint

- d. Diluar panjang l_0 spasi tulangan tidak boleh kurang dari $d/2$ untuk komponen struktur non-prategang, atau 600 mm

2.6.2.6 Perencanaan dimensi kolom

Dimensi kolom direncanakan lebar kolom, b , sama dengan tinggi kolom h , sehingga dimensi dapat dicari menggunakan persamaan :

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}} 5$$

Dengan L adalah bentang bersih, dan I adalah momen inersia sebesar $1/12 bh^3$.

2.6.2.7 Perencanaan lentur dan aksial kolom

1. Kekakuan (EI)

Nilai EI bisa diambil dari nilai yang lebih kecil dari :

$$EI = \frac{0,2 E_c I_g + E_s I_{se}}{1 + \beta_d} \text{ atau } EI = \frac{0,4 E_c I_g}{1 + \beta_d}$$

2. Faktor kekangan ujung

Faktor kekangan ujung dalam hal ini didefinisikan sebagai ratio antara sigma kekakuan dibagi panjang kolom – kolom dengan ratio antara sigma kekakuan dibagi panjang balok – balok pada joint yang ditinjau. Persamaan dapat ditulis :

$$\psi = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L} \right)_{kolom} - kolom}{\sum \left(\frac{EI}{L} \right)_{balok} - balok}$$

Setelah mendapatkan nilai faktor kekangan pada kedua ujung kolom, dapat dicari nilai faktor panjang efektif, k pada nomogram SNI 2857-2013 gambar S10.10.1.1

3. Kontrol kelangsingan

Kolom yang dibebani gaya aksial dan lentur harus ditinjau terhadap bahaya tekuk sehingga

harus dikontrol kelangsingannya. Sebelum diperiksa kelangsingannya, didefinisikan apakah kolom tersebut tergolong kolom dengan pengaku atau tanpa pengaku. Untuk kolom dengan pengaku, dikatakan langsing apabila berdasarkan SNI 2847 – 2013 pasal 10.10 yaitu:

$$\frac{kLu}{r} \geq 34 - 12 \frac{M1}{M2}$$

Sedangkan untuk kolom tanpa pengaku, kolom dikatakan langsing apabila :

$$\frac{kLu}{r} \geq 22$$

$$\text{Dimana } r = \sqrt{I/A}$$

4. Faktor pembesaran momen

Faktor pembesaran momen dibedakan menjadi kolom tak bergoyang dan bergoyang. Untuk kolom tak bergoyang berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 10.10.6, faktor pembesaran momen, M_c besarnya adalah :

$$M_c = \delta_{ns} M_2$$

Sedangkan untuk kolom bergoyang berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 10.10.7, momen M_1 dan M_2 di ujung komponen struktur individu harus diambil sebesar :

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s}$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

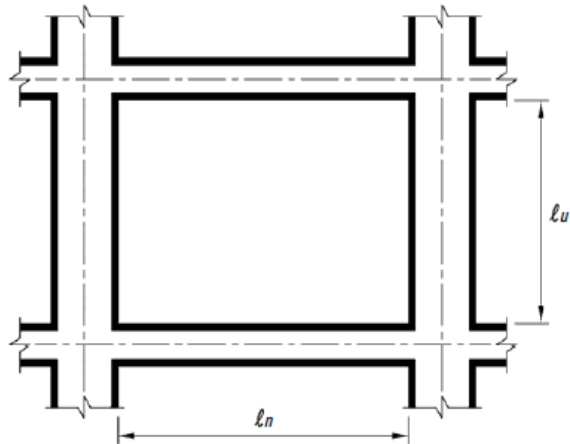
Setelah menghitung pembesaran momen, cari nilai ρ pada diagram interaksi atau bisa dengan program PCACol. Sehingga didapatkan luas tulangan kolom

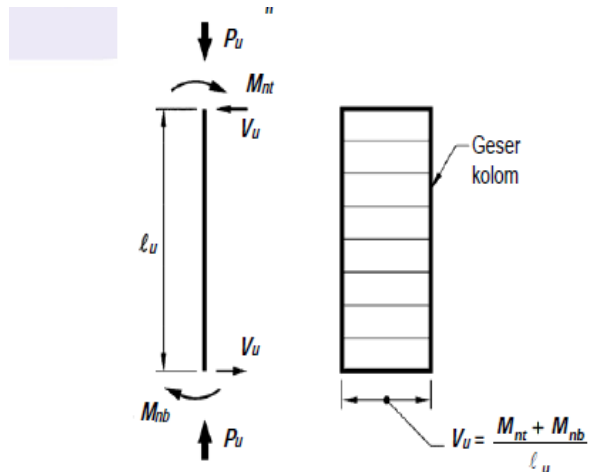
2.6.2.8 Perencanaan Tulangan Geser Kolom

Berdasarkan ketentuan dari rangka pemikul momen menengah, nilai ϕV_n yang menahan gaya gempa, E tidak boleh kurang dari nilai yang lebih

kecil dari (a) dan (b) berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.3.3.2 yaitu :

- a. Geser yang terkait dengan pengembangan kekuatan momen nominal kolom pada setiap ujung terkekang dari panjang yang tak tertumpu akibat lentur kurvatur balik. Kekuatan kolom lentur harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur tertinggi.





- b. Geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban yang melibatkan gaya gempa, E dengan ditingkatkan oleh Ω_o . Kekuatan geser nominal beton, V_n merupakan kombinasi dari kuat geser yang dipikul oleh beton, V_c dan kuat geser yang dipikul oleh baja tulangan, V_s atau dalam persamaan dapat dituliskan :

$$V_n = V_c + V_s$$

Besarnya V_c untuk komponen struktur yang dibebani tekan aksial menurut SNI 2847-2013 pasal 11.2.1.2 adalah

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_w d$$

Dan besarnya V_s minimum yang harus dimiliki oleh tulangan geser adalah :

$$V_s (\text{min}) = \frac{1}{3} b_w d$$

Perencanaan tulangan geser dibagi menjadi beberapa kondisi seperti yang sudah dijelaskan pada perencanaan geser balok. Setelah mengetahui kondisi dari gaya geser terfaktor,

maka dapat menghitung kebutuhan tulangan geser kolom.

2.6.4 PerencanaanTangga

2.6.4.1 Perencanaan dimensi tangga

Merencanakan dimensi anak tangga dan bordes, merencanakan dimensi injakan dan tanjakan dengan persyaratan :

- a. Sudut kemiringan tangga

$$\alpha = \arctan \frac{t}{i}$$

- b. Syarat sudut kemiringan tangga

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

- c. Syarat lebar injakan dan tinggi injakan

$$60 \text{ cm} \leq 2t + i \leq 65 \text{ cm}$$

- d. Jumlah tanjakan

$$nt = \frac{\text{tinggi pelat anak tangga}}{t}$$

- e. Jumlah injakan

$$ni = nt - 1$$

Keterangan :

$$t = \text{tanjakan} \leq 25 \text{ cm}$$

$$i = \text{injakan dengan } 25 \text{ cm} \leq i \leq 40 \text{ cm}$$

maksimal sudut tangga 40°

2.6.4.2 Pembebanan tangga

- a. Pembebanan pada anak tangga

- Beban mati tangga yaitu :

- Berat sendiri
- Spesi
- Berat railing
- Keramik

- Beban hidup tangga menurut SNI 1727-2013

- b. Pembebanan pada bordes
 - Beban mati pelat bordes yaitu :
 - Berat sendiri
 - Spesi
 - Keramik
 - Beban hidup pelat bordes menurut SNI 1727-2013

2.6.4.3 Penulangan struktur tangga

Penulangan pada pelat anak tangga dan pelat bordes menggunakan perhitungan sesuai dengan prinsip perencanaan pelat

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI

3.1 Langkah Metodologi

Langkah – langkah yang digunakan dalam Perencanaan Ulang Struktur Gedung Kozko *Citraland* dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah adalah :

3.1.1 Pengumpulan Data

Data – data yang diperlukan dalam perencanaan adalah:

a. Gambar Struktur Bangunan

Digunakan sebagai acuan awal perencanaan elemen struktur dan sebagai data untuk input pembebanan

b. Peraturan – peraturan yang digunakan

Peraturan yang digunakan sesuai pada tinjauan pustaka pada bab 2.2 peraturan yang digunakan

3.1.2 Preliminary Design

Preliminary design yang diperlukan agar aman dengan cara merencanakan dimensi kolom, balok, pelat lantai, dan pelat tangga

3.1.3 Perhitungan pembebanan

Perhitungan beban – beban yang bekerja disesuaikan dengan peraturan pembebanan. Analisa pembebanan sebagai berikut :

a. Beban plat lantai

Pelat lantai dibebani oleh beban mati dan beban hidup. Pelat akan dianalisa bekerja secara satu arah atau dua arah Yang termasuk beban mati pada pelat adalah sebagai berikut :

- Beban Mati

- Berat plafond
- Berat pemasangan instalasi listrik
- Berat pemasangan pemipaan
- Berat keramik

- Berat spesi
- Berat dinding
- Beban aspal
- Beban hidup sesuai dengan fungsi gedung
- b. Beban plat tangga dan pelat bordes
Pelat tangga dan pelat bordes dibebani oleh beban mati dan beban hidup. Yang termasuk beban mati pada pelat tangga dan pelat bordes adalah sebagai berikut :
- Berat sendiri pelat tangga atau pelat bordes
- Berat keramik
- Berat spesi
- Beban anak tangga (jika menghitung beban pada pelat tangga)
- c. Beban pada balok
Balok dapat dibebani oleh beban mati dan penyaluran beban akibat pelat. Yang termasuk beban mati pada balok adalah beban sendiri balok dan beban dinding. Selain itu adalah beban ekuivalen
- d. Beban pada kolom
Kolom dapat dibebani oleh beban angin, beban gempa, dan beban penyaluran beban akibat balok. Beban angin membebani secara merata pada kolom, sedangkan beban gempa membebani joint – joint kolom. Selain itu kolom mendapatkan penyaluran beban dari balok menjadi beban aksial kolom.
- e. Beban pada struktur atap
Pada struktur atap yang akan digunakan adalah struktur beton, perhitungan sesuai dengan analisa pelat.
- f. Beban gempa
 - Analisa dengan cara statik ekuivalen.
 - Analisa ketahanan gempa 50 tahun.

3.2 Analisa Struktur

Nilai gaya dalam diperoleh untuk menganalisa struktur menggunakan bantuan program SAP 2000. Pemodelan struktur yang telah dibebani oleh beban – beban yang telah dijelaskan pada subab 2.4 yang mana setelah dimasukkan pembebanan kemudian dibuat kombinasi pembebanannya yang sesuai peraturan. Dan untuk kombinasi pembebanan telahh dijelaskan pada subab 2.4.3.1

3.3 Perhitungan Penulangan Struktur

Komponen-komponen struktur didesain sesuai dengan aturan yang terdapat pada SNI 2847-2013. Perhitungan meliputi :

1. *Output* dari SAP 2000 yang berupa momen-momen dan bidang D serta dimensi perencanaan,
2. Kontrol penulangan,
3. Penabelan penulangan yang digunakan untuk bangunan 1 arah melintang dan 1 arah memanjang
4. Sketsa gambar penulangan.

3.4 Kontrol Persyaratan

- a. Plat
 - Kontrol jarak spasi tulangan (SNI 2847-2013 pasal 13.3.2).
 - Kontrol jarak spasi dan kontrol perlu tulangan susut dan suhu (SNI 2847-2013 pasal 7.12)
 - Kontrol lendutan (SNI 2847-2013 pasal 9.5.3)
- b. Balok
 - Kontrol M_n pasang $\geq M_n$ untuk penulangan lentur
 - Kontrol penulangan geser yang terdiri dari beberapa kombinasi
- c. Kolom
 - Kontrol momen yang terjadi $M_{pasang} \geq M_n$
- d. Struktur atap
 - Kontrol jarak spasi tulangan (SNI 2847-2013 pasal 13.3.2)
 - Kontrol jarak spasi dan kontrol perlu tulangan susut dan suhu (SNI 2847-2013 pasal 7.12)

Kontrol lendutan (SNI 2847-2013, pasal 9.5.3)

3.5 Gambar Rencana

Gambar perencanaan meliputi :

a. Gambar arsitektur terdiri dari :

Gambar denah

Gambar tampak

b. Gambar struktur terdiri dari :

Potongan memanjang

Potongan melintang

c. Gambar penulangan :

Gambar plat

Gambar tangga

Gambar balok

Gambar kolom

d. Gambar detail :

Gambar detail panjang penyaluran, meliputi :

Panjang penyaluran kolom

Panjang penyaluran balok

Panjang penyaluran plat dan tangga

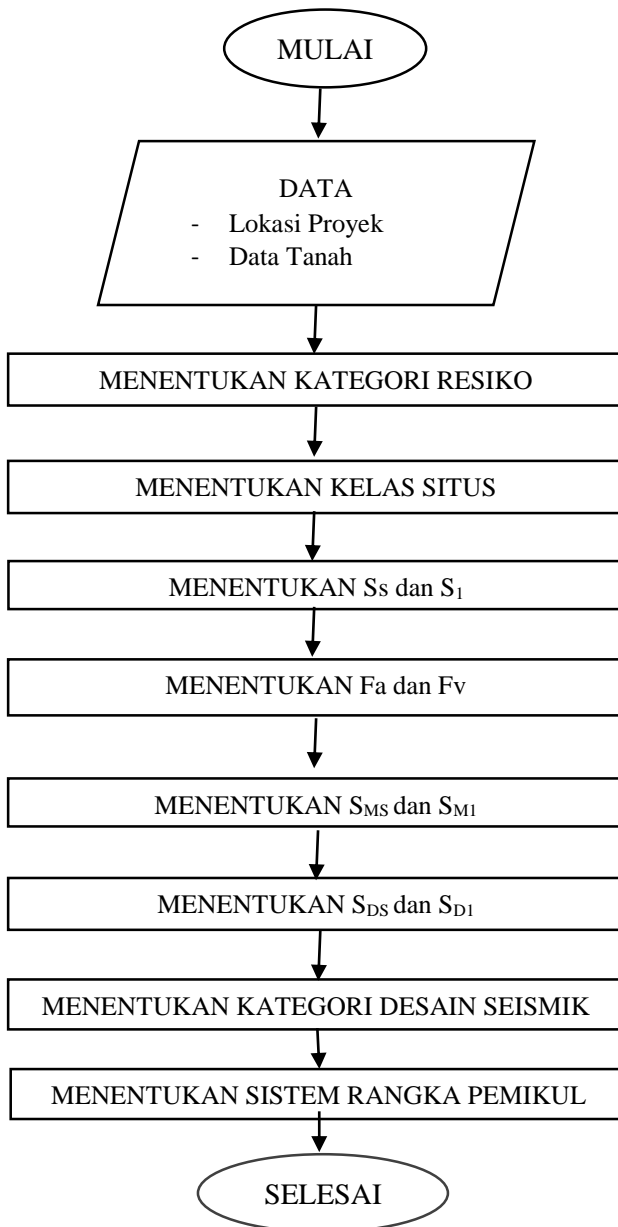
e. Gambar struktur

Gambar plat

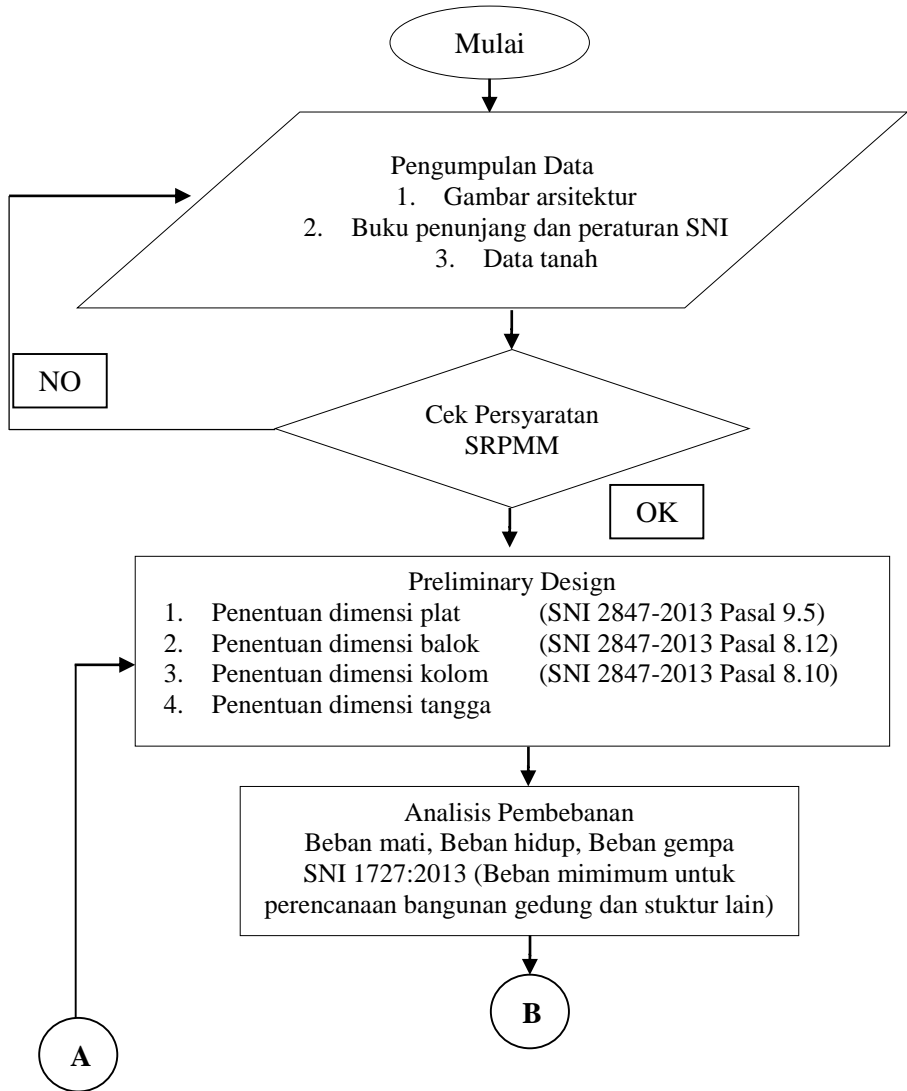
Gambar balok dan gambar kolom

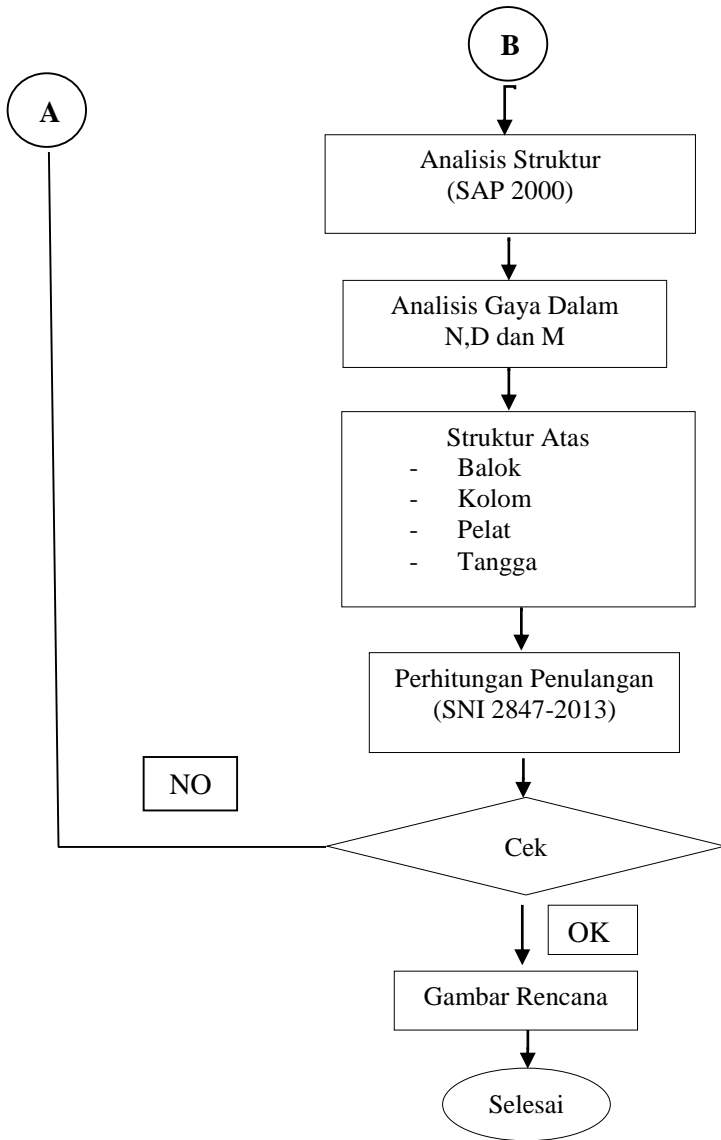
3.6 Flowchart

3.6.1 Metode SRPMM

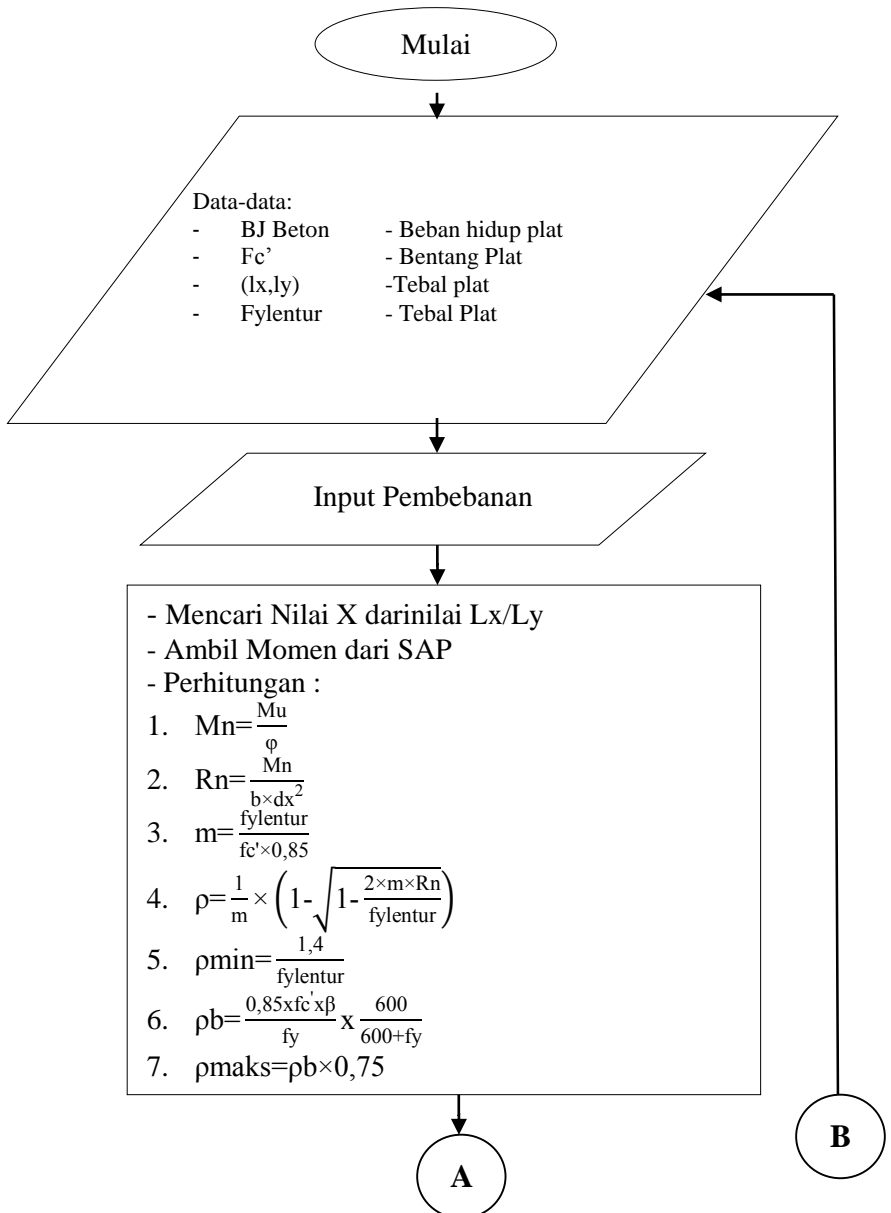


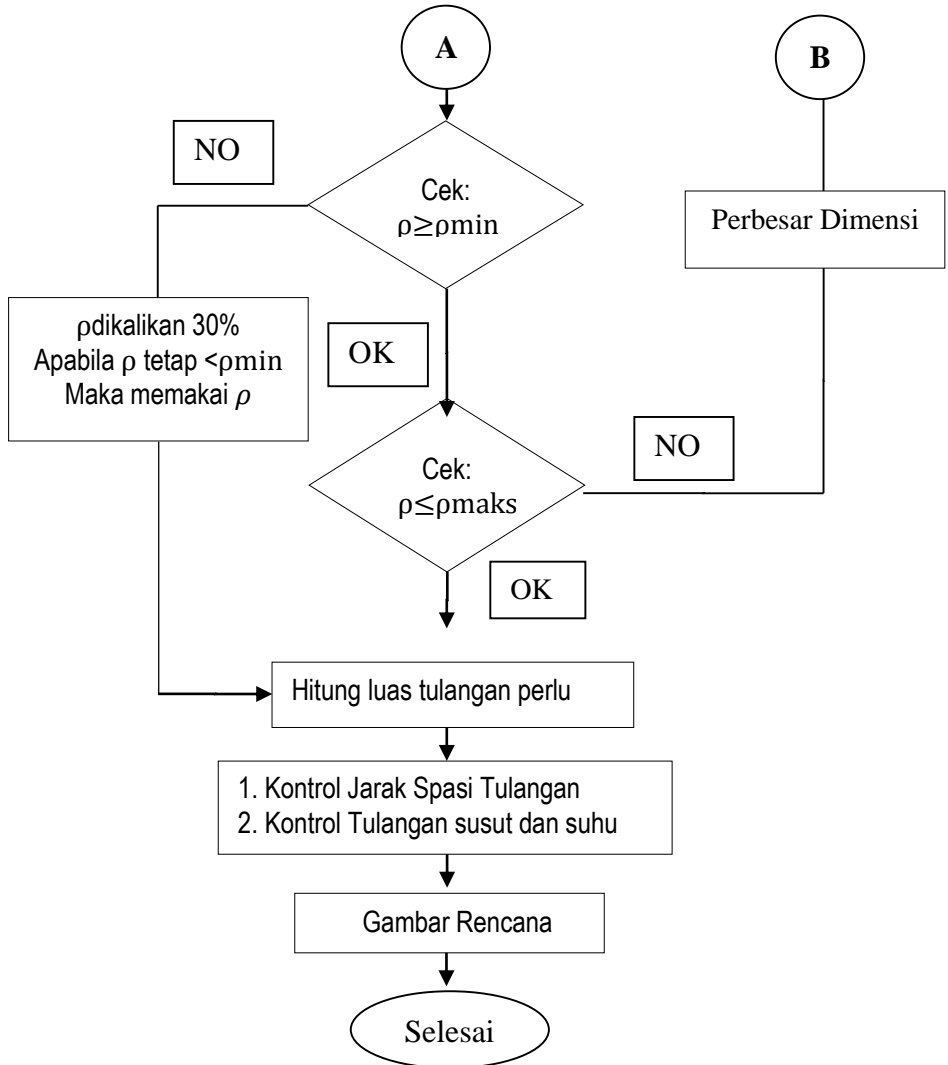
3.6.2 Metodologi



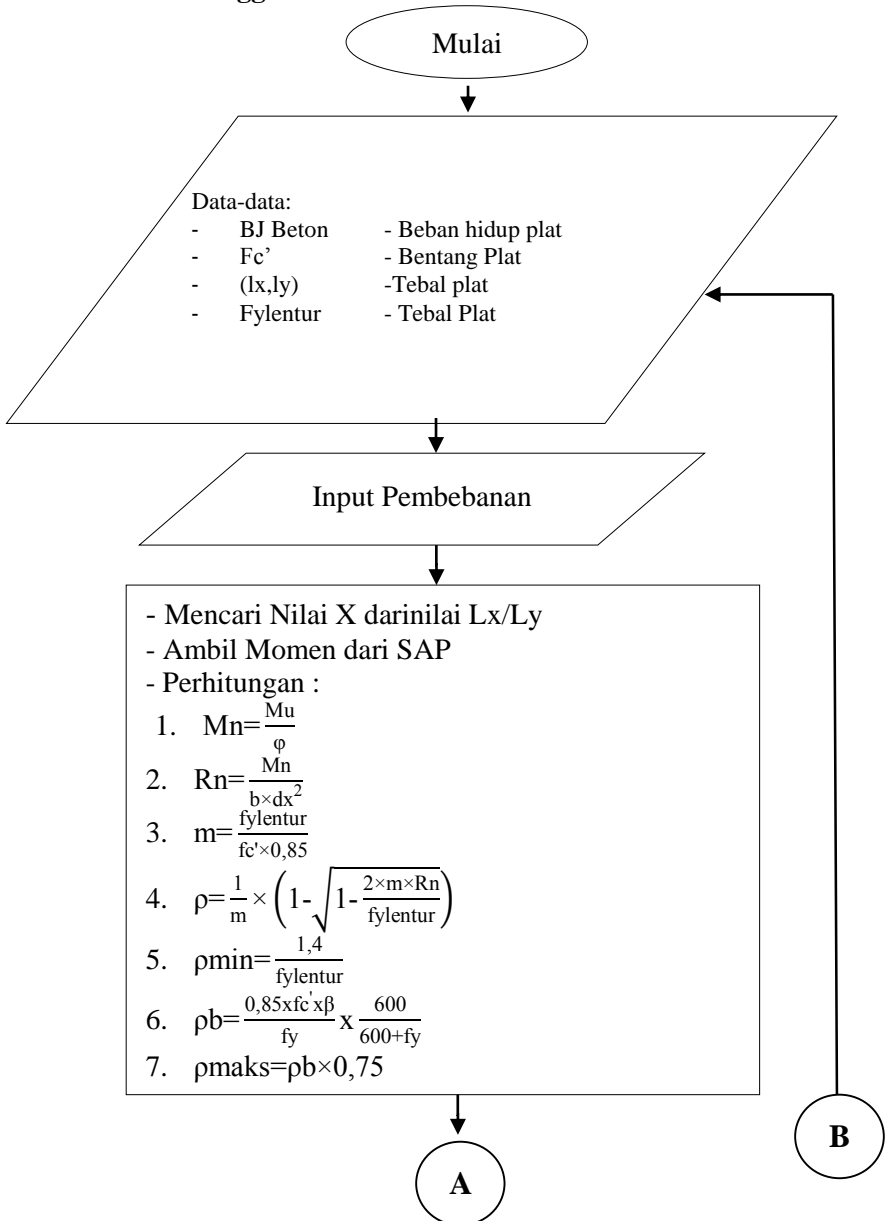


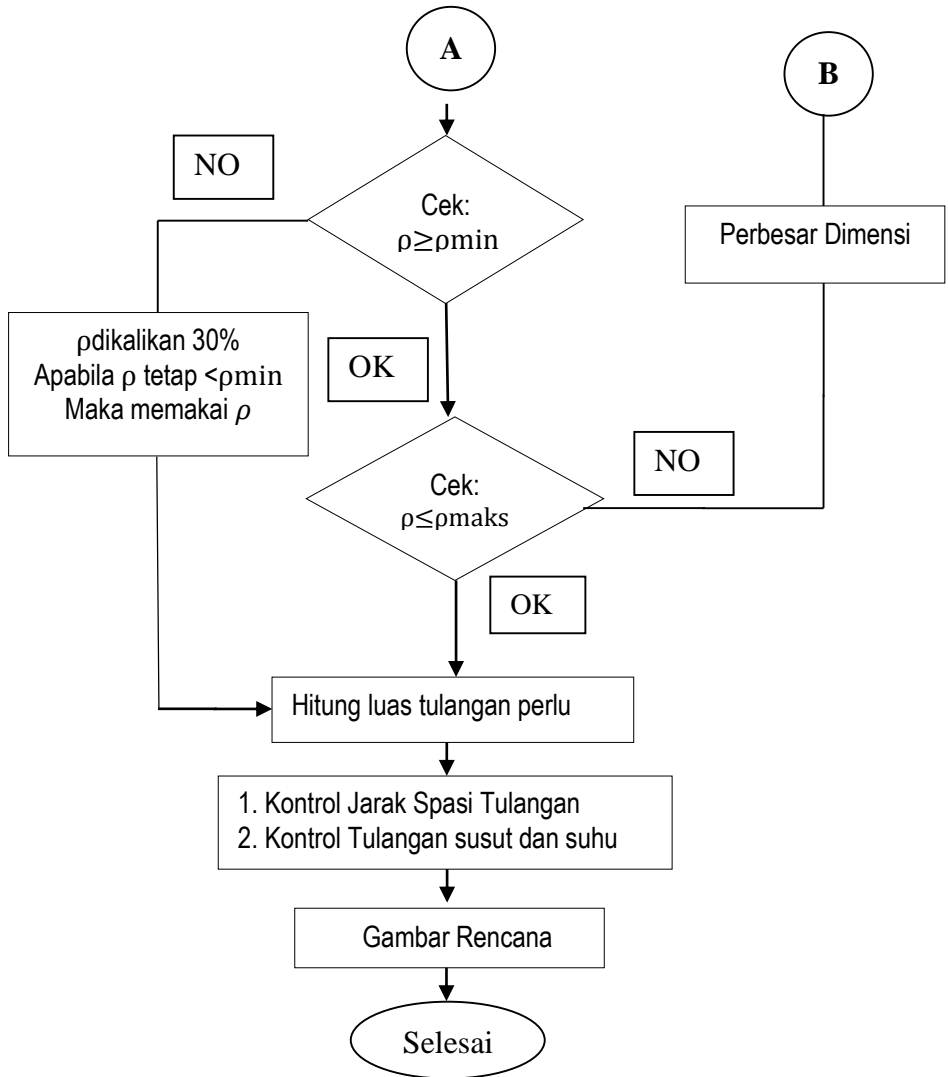
3.6.3 Pelat Lantai



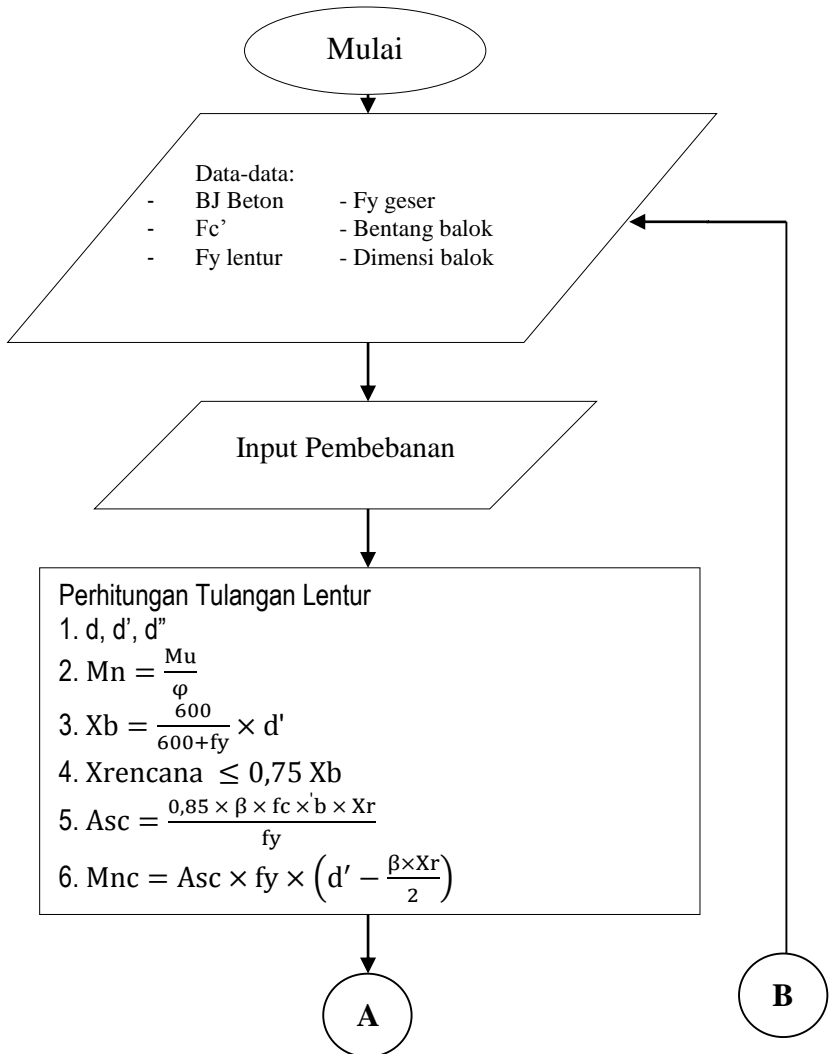


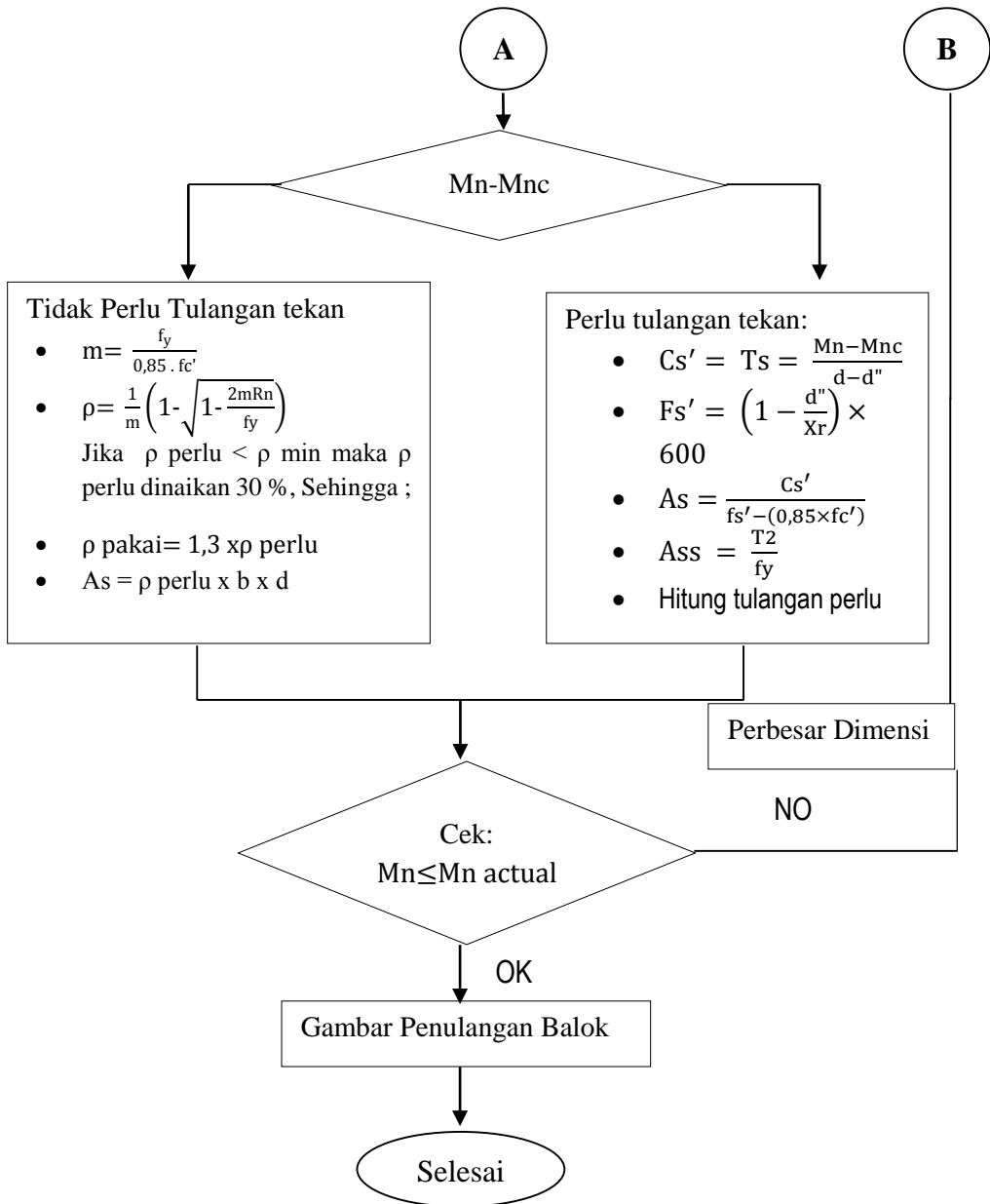
3.6.4 Pelat Tangga dan Bordes



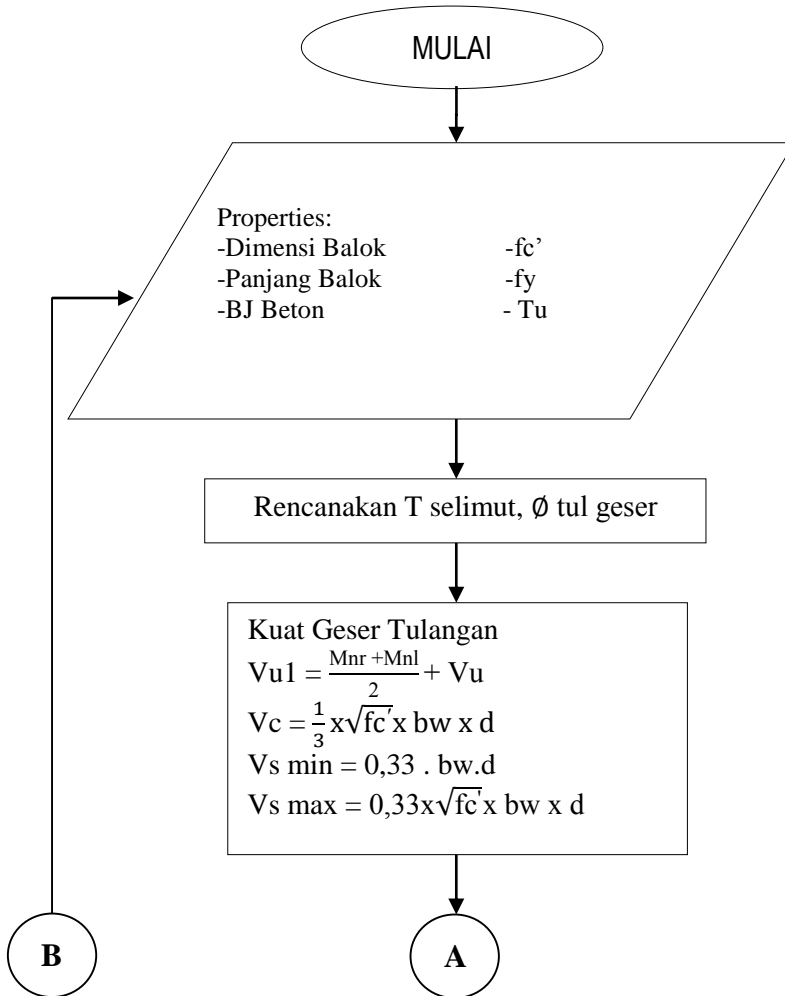


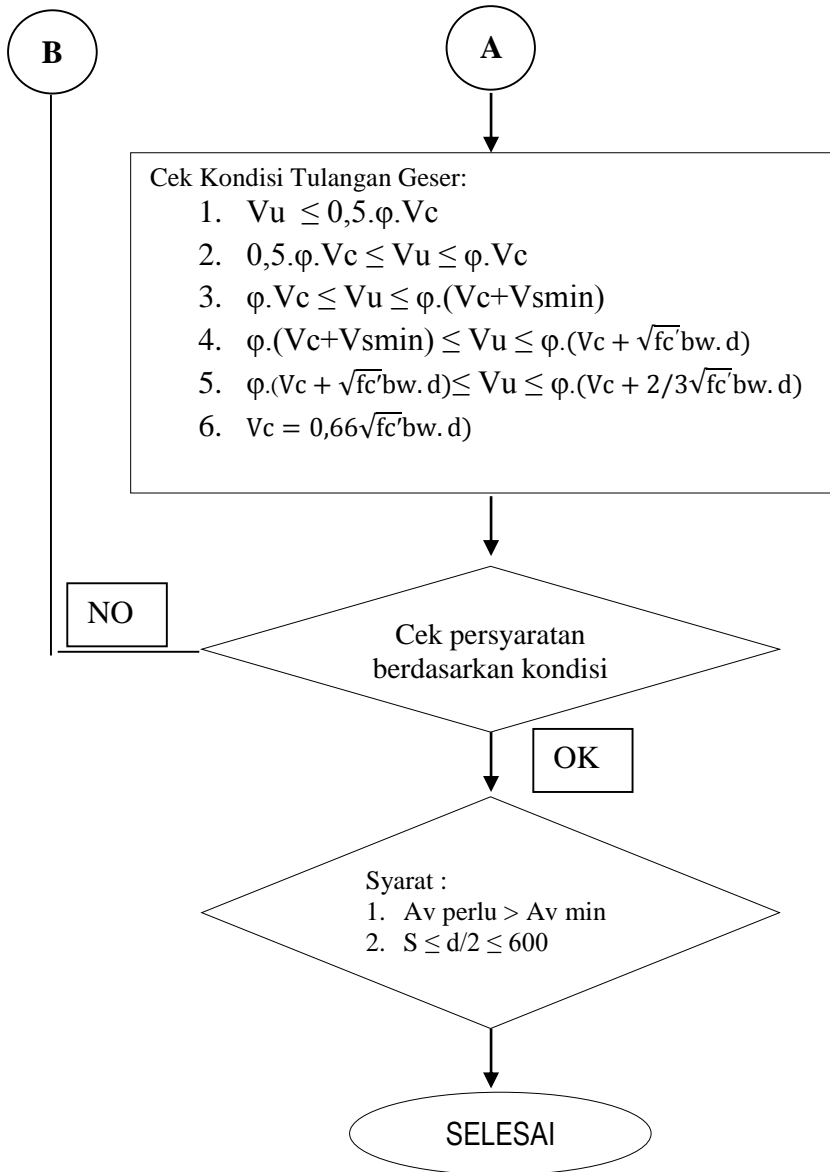
3.6.5 Balok Lentur



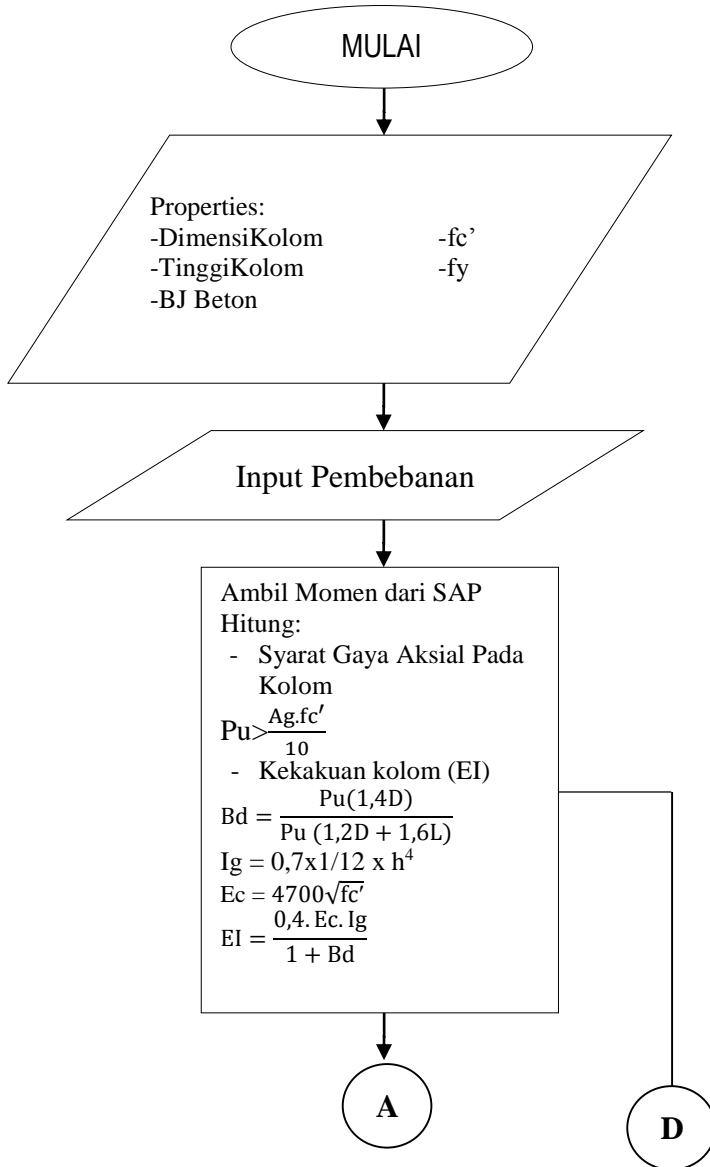


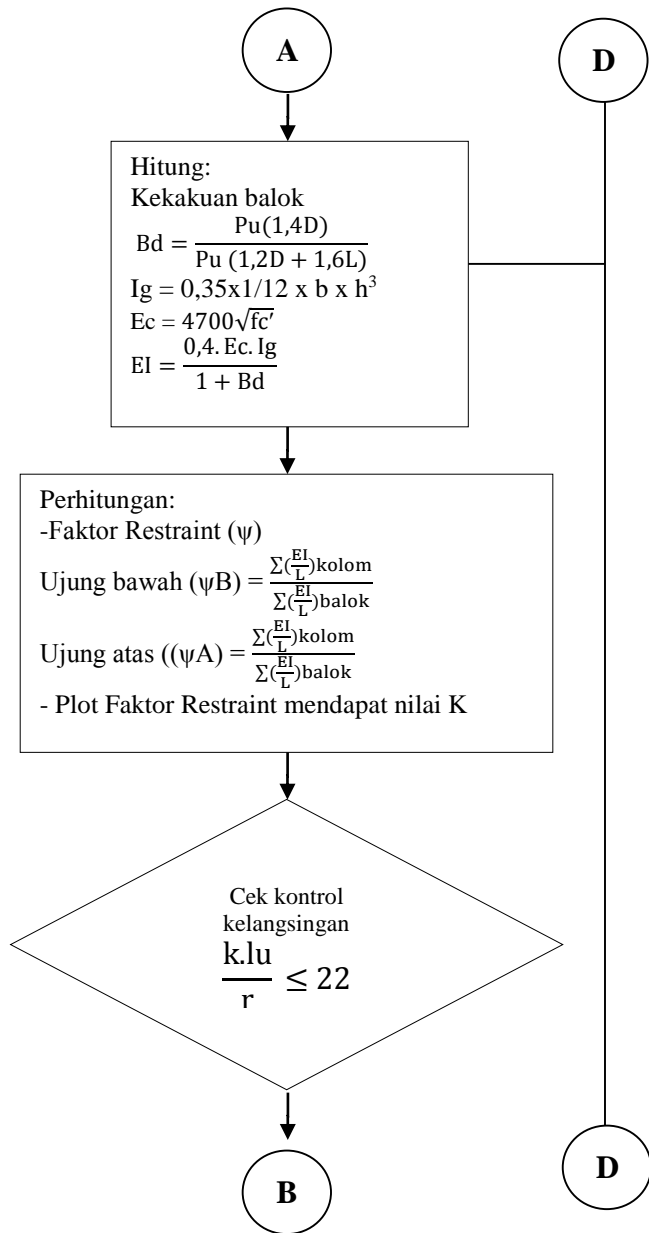
3.6.6 Balok Geser

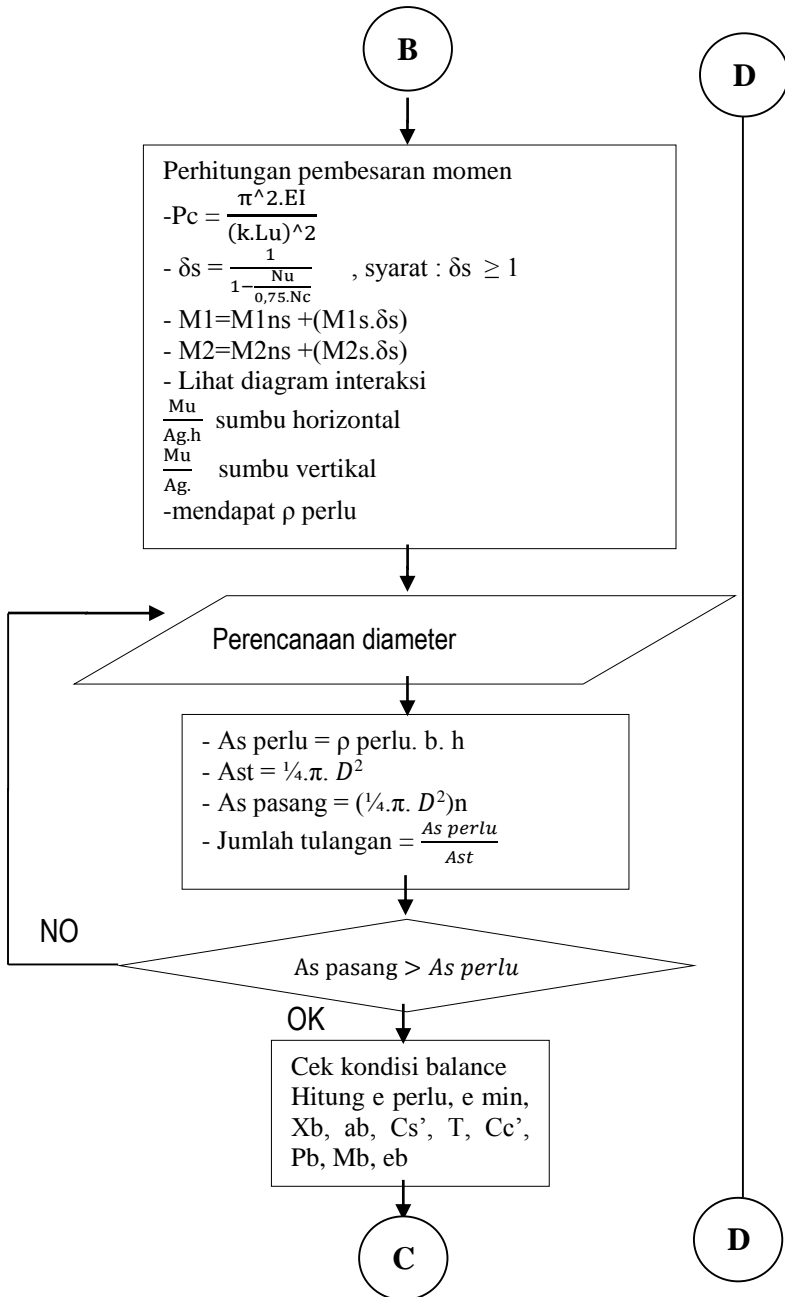


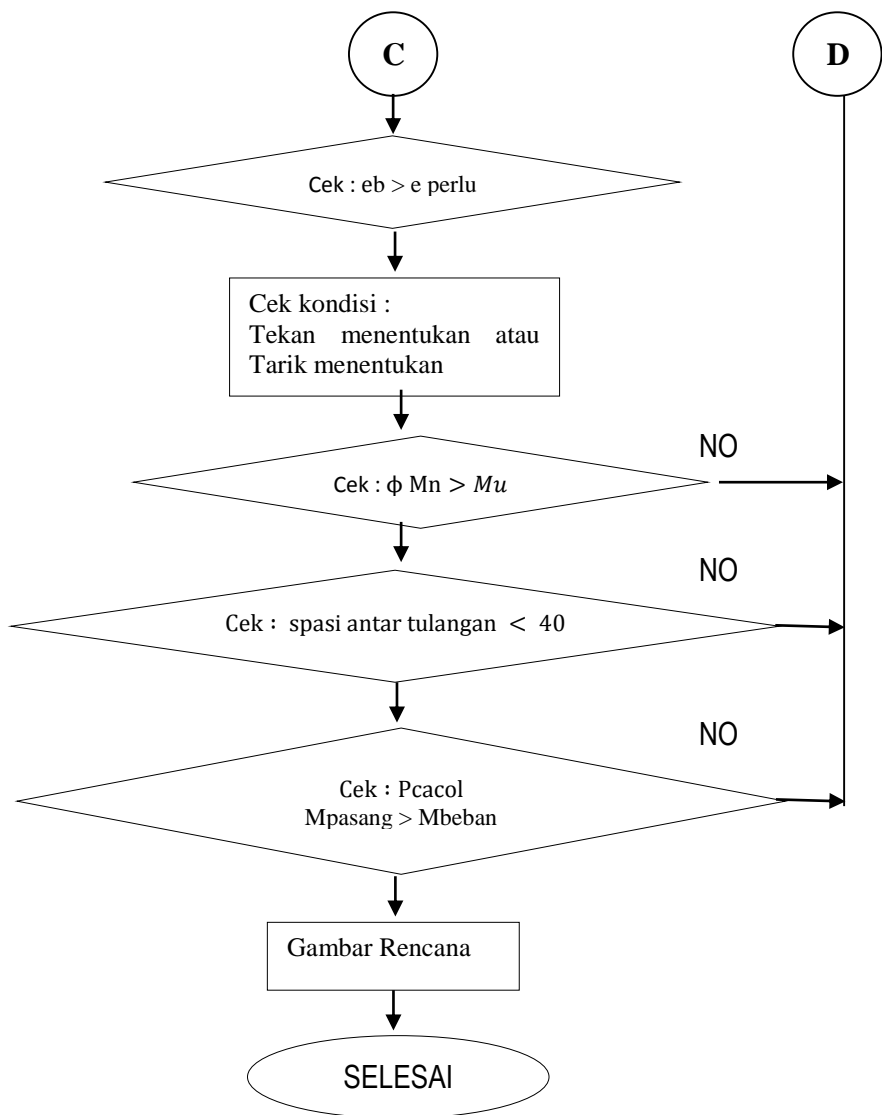


3.6.7 Kolom Lentur

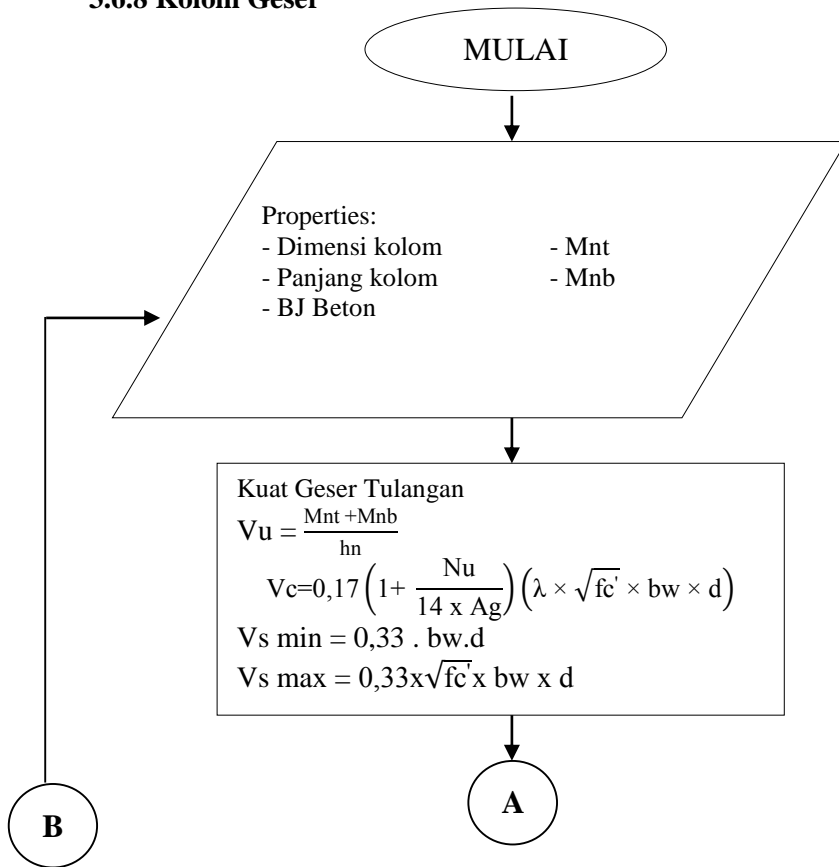


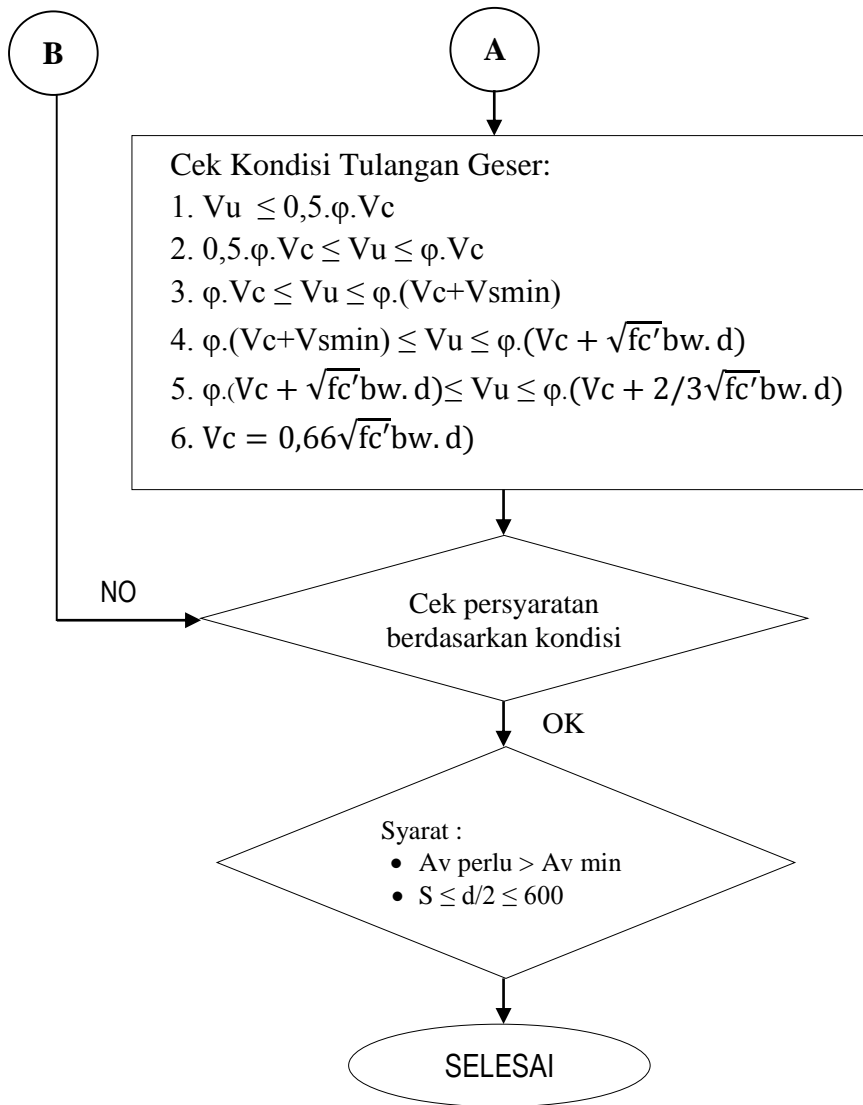






3.6.8 Kolom Geser





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Perencanaan Dimensi Struktur

Sebelum merencanakan struktur bangunan gedung Kozko *Citraland* Surabaya, langkah awal yang perlu diketahui yaitu menentukan dimensi – dimensi struktur utama yang digunakan dalam perencanaan bangunan tersebut.

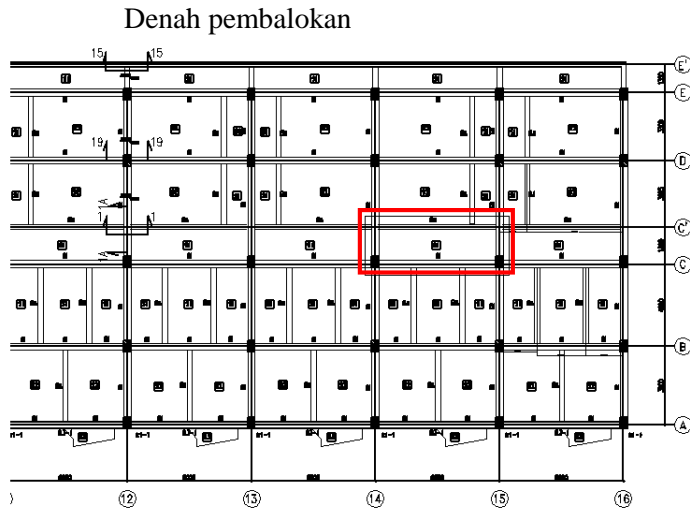
4.1.1 Perencanaan Dimensi Balok

Dalam bentuk laporan perhitungan dimensi balok, cukup ditinjau satu tipe balok yang mempunyai bentang terpanjang. Adapun data – data perencanaan, gambar, denah, ketentuan, perhitungan dan hasil akhir gambar perencanaan dimensi balok dalam perencanaan dimensi struktur gedung Kozko *Citraland* Surabaya adalah sebagai berikut :

A. Balok Induk

Data-data Perencanaan :

- Tipe balok : B1
- As balok : C (13-14)
- Bentang balok (L_{balok}) : 600 cm
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa



Gambar 4.1 Denah Perencanaan Balok Induk

Perhitungan Perencanaan :

$$\begin{aligned}
 h &\geq \frac{L}{12} \left(0,4 + \frac{F_y}{700} \right) & b &\geq \frac{2}{3} \times h \\
 h &\geq \frac{600}{12} \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) & b &\geq \frac{2}{3} \times 50 \\
 h &\geq 48,57 & b &\geq 33,33 \\
 h &\geq 50 & h &\geq 35
 \end{aligned}$$

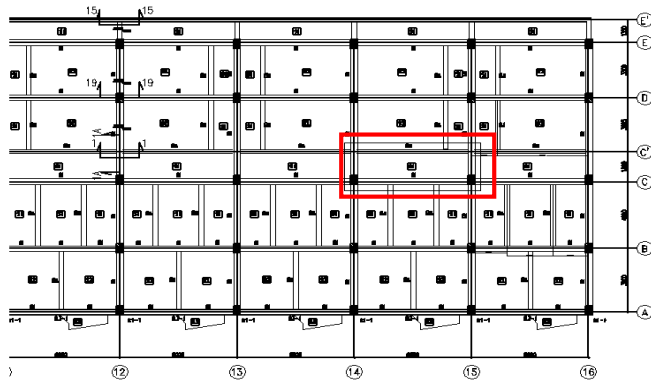
Maka direncanakan dimensi balok induk melintang dan memanjang dengan ukuran 35/50

B. Balok Anak

Data-data Perencanaan :

- Tipe balok : BA
- As balok : C'(13-14)
- Bentang balok (L_{balok}) : 600 cm
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa

Denah pembalokan



Gambar 4.2 Denah Perencanaan Balok Anak

Perhitungan Perencanaan :

$$\begin{aligned}
 h &\geq \frac{L}{21} \left(0,4 + \frac{F_y}{700} \right) & b &\geq \frac{2}{3} \times h \\
 h &\geq \frac{600}{21} \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) & b &\geq \frac{2}{3} \times 30 \\
 h &\geq 27,76 & b &\geq 20 \\
 h &\geq 30 & h &\geq 25
 \end{aligned}$$

Maka direncanakan dimensi balok anak dengan ukuran 25/30

4.1.2 Perencanaan Dimensi Kolom

Adapun data – data perencanaan, gambar denah, ketentuan, perhitungan dan hasil akhir gambar.

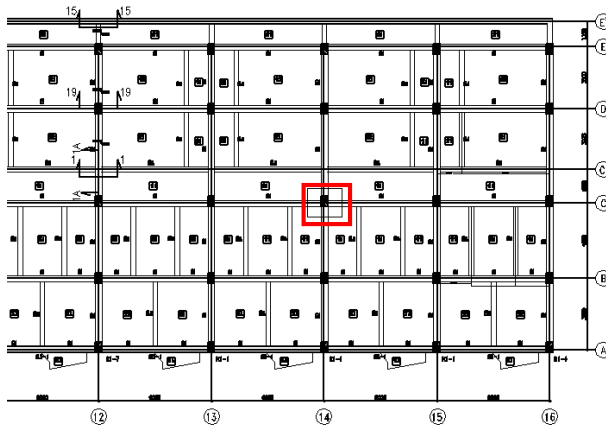
Perencanaan dimensi kolom adalah sebagai berikut :

Data-data Perencanaan :

- Tipe kolom : K1
- Tinggi kolom (h_{kolom}) : 315 cm
- Bentang balok (L_{balok}) : 600 cm
- Lebar balok (b_{balok}) : 35 cm

- Tinggi balok (h_{balok}) : 50 cm

Gambar Denah Perencanaan



Gambar 4.3 Denah Perencanaan Kolom

Perhitungan Perencanaan :

$$\frac{\frac{1}{12} \times b_k \times h_k^3}{h_{\text{kolom}}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b_b \times h_b^3}{L_{\text{balok}}}$$

Dimana $h_k = b_k$

$$\frac{\frac{1}{12} \times h_k^4}{h_{\text{kolom}}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b_b \times h_b^3}{L_{\text{balok}}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times h_k^4}{315} \geq \frac{\frac{1}{12} \times 35 \times 50^3}{600}$$

$$h \approx 46,15 \text{ cm}$$

$$h \approx 38,93 \text{ cm}$$

$$h = b = 45 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi kolom dengan ukuran 45/45

Kesimpulan :

Dari hasil perhitungan perencanaan diatas, maka dapat disimpulkan gedung tersebut menggunakan struktur dengan dimensi sebagai berikut :

- A. Balok Induk (BI) : 35/50
- B. Balok Anak (BA) : 25/30
- C. Kolom (K1) : 45/45

4.1.3 Perencanaan Dimensi Pelat

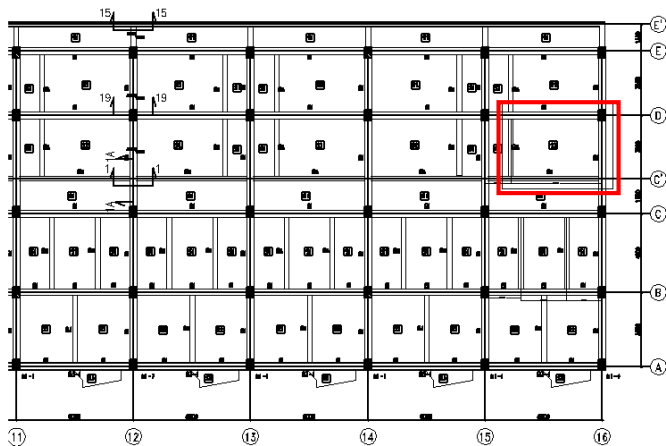
Dalam bentuk laporan perhitungan dimensi pelat, cukup ditinjau satu tipe pelat yang mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang terbesar. Namun tipe pelat lain yang disesuaikan dengan rasio bentangnya dapat disajikan dalam bentuk tabel.

Adapun data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, perhitungan perencanaan dan hasil akhir gambar perencanaan dimensi pelat lantai adalah sebagai berikut :

Data - data Perencanaan :

- Tipe pelat : S2
- Kuat tekan beton (f_c') : 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan (f_y) : 400 mpa
- Rencana tebal pelat : 12 cm
- Bentang pelat sumbu panjang (L_y) : 467 cm
- Bentang pelat sumbu pendek (L_x) : 323 cm
- Dimensi balok as C' (14'-15) : 35/50
- Dimensi balok as D (14'-15) : 35/50
- Dimensi balok as 14' (C'-D) : 25/30
- Dimensi balok as 15 (C'-D) : 35/50

Gambar Denah Perencanaan



Gambar 4.4 Denah Perencanaan Tebal Pelat

Perhitungan Perencanaan :

- Bentang bersih pelat sumbu panjang :

$$\begin{aligned} L_n &= L_y - \left(\frac{bw}{2} - \frac{bw}{2} \right) \\ &= 466,67 - \left(\frac{35}{2} - \frac{25}{2} \right) \\ &= 436,67 \text{ cm} \end{aligned}$$

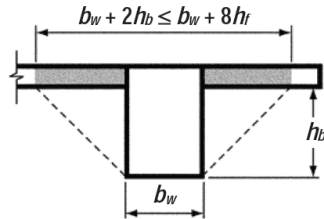
- Bentang bersih pelat sumbu pendek :

$$\begin{aligned} S_n &= L_x - \left(\frac{bw}{2} - \frac{bw}{2} \right) \\ &= 322,53 - \left(\frac{35}{2} - \frac{25}{2} \right) \\ &= 292,53 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Rasio antara bentang bersih sumbu panjang terhadap bentang bersih sumbu pendek

$$\begin{aligned} \beta_n &= \frac{L_n}{S_n} \\ &= \frac{436,67}{292,53} \\ &= 1,4927 \text{ cm (Pelat dua arah)} \end{aligned}$$

1. Lihat balok As C' joint (14'-15)



$$b_e = b_w + 2b_w \leq b_w + 8h_f$$

$$\begin{aligned} b_{e1} &= b_w + 2b_w \\ &= 25 + 2(30-12) \\ &= 61 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{e2} &= b_w + 8h_f \\ &= 25 + 8(12) \\ &= 121 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 13.2.4)

Pilih nilai terkecil antara b_{e1} dan b_{e2} yaitu 61

Faktor modifikasi

$$\begin{aligned} K &= \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)x \left(\frac{h_f}{h_w}\right)x \left[4 - 6\left(\frac{h_f}{h_w}\right) + 4\left(\frac{h_f}{h_w}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)x \left(\frac{h_f}{h_w}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)x \left(\frac{h_f}{h_w}\right)} \\ &= \frac{1 + \left(\frac{61}{25} - 1\right)x \left(\frac{12}{30}\right)x \left[4 - 6\left(\frac{12}{30}\right) + 4\left(\frac{12}{30}\right)^2 + \left(\frac{61}{25} - 1\right)x \left(\frac{12}{30}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{61}{25} - 1\right)x \left(\frac{12}{30}\right)} \\ &= 1,48688 \end{aligned}$$

Momen inersia penampang

$$\begin{aligned} I_b &= k \times b_w \times \left(\frac{h}{t}\right)^3 \\ &= 1,48688 \times 25 \times \left(\frac{30}{12}\right)^3 \\ &= 83637 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

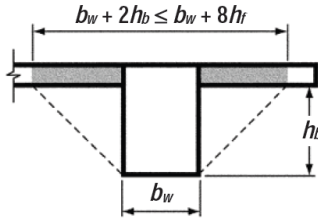
Momen inersia lajur pelat

$$\begin{aligned} I_p &= b_p \times \left(\frac{t}{12}\right)^3 \\ &= 0,5(322,5 + 180) \times \left(\frac{12}{12}\right)^3 \\ &= 36180 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_1 = \frac{i_b}{i_p} = \frac{83637}{36180} = 2,31$$

2. Lihat balok As D joint (14'-15)



$$b_e = b_w + 2b_w \leq b_w + 8h_f$$

$$\begin{aligned} b_{e1} &= b_w + 2b_w \\ &= 35 + 2(50-12) \\ &= 111 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{e2} &= b_w + 8h_f \\ &= 35 + 8(12) \\ &= 131 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 13.2.4)

Pilih nilai terkecil antara b_{e1} dan b_{e2} yaitu 111

Faktor modifikasi

$$\begin{aligned} K &= \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)x \left(\frac{h_f}{h_w}\right)x \left[4 - 6\left(\frac{h_f}{h_w}\right) + 4\left(\frac{h_f}{h_w}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)x \left(\frac{h_f}{h_w}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)x \left(\frac{h_f}{h_w}\right)} \\ &= \frac{1 + \left(\frac{111}{25} - 1\right)x \left(\frac{12}{30}\right)x \left[4 - 6\left(\frac{12}{30}\right) + 4\left(\frac{12}{30}\right)^2 + \left(\frac{111}{25} - 1\right)x \left(\frac{12}{30}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{111}{25} - 1\right)x \left(\frac{12}{30}\right)} \end{aligned}$$

$$= 1,63267$$

Momen inersia penampang

$$\begin{aligned} I_b &= k \times b_w \times \left(\frac{h}{t}\right)^3 \\ &= 1,63267 \times 35 \times \left(\frac{50}{12}\right)^3 \\ &= 591964,6 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

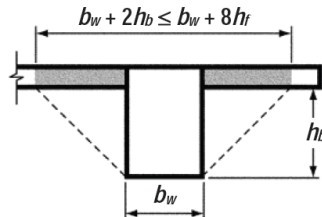
Momen inersia lajur pelat

$$\begin{aligned} I_p &= b_p \times \left(\frac{t}{12}\right)^3 \\ &= 0,5(322,5 + 330) \times \left(\frac{12}{12}\right)^3 \\ &= 46980 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_1 = \frac{i_b}{i_p} = \frac{591964,6}{46980} = 12,60$$

3. Lihat balok As 14' joint (C'-D)



$$b_e = b_w + 2b_{wf} \leq b_w + 8h_f$$

$$\begin{aligned} b_{e1} &= b_w + 2b_{wf} \\ &= 25 + 2(30-12) \\ &= 61 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{e2} &= b_w + 8h_f \\ &= 25 + 8(12) \\ &= 121 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 13.2.4)

Pilih nilai terkecil antara b_{e1} dan b_{e2} yaitu 61

Faktor modifikasi

$$K = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h_w}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h_w}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h_w}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h_w}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h_w}\right)}$$

$$= \frac{1 + \left(\frac{61}{35} - 1\right)x\left(\frac{12}{50}\right)x \left[4 - 6\left(\frac{12}{50}\right) + 4\left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{61}{35} - 1\right)x\left(\frac{12}{50}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{61}{35} - 1\right)x\left(\frac{12}{50}\right)}$$

$$= 1,48688$$

Momen inersia penampang

$$I_b = k \times b_w \times \left(\frac{h}{t}\right)^3$$

$$= 1,48688 \times 25 \times \left(\frac{30}{12}\right)^3$$

$$= 83637 \text{ cm}^4$$

Momen inersia lajur pelat

$$I_p = b_p \times \left(\frac{t}{12}\right)^3$$

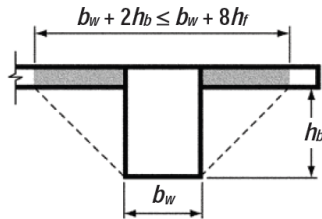
$$= 0,5(466,67 + 133,33) \times \left(\frac{12}{12}\right)^3$$

$$= 43200 \text{ cm}^4$$

Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_1 = \frac{i_b}{i_p} = \frac{83637}{43200} = 1,94$$

4. Lihat balok As 15 joint (C'-D)



$$b_e = b_w + 2b_w \leq b_w + 8h_f$$

$$b_{e1} = b_w + 2b_w$$

$$= 35 + 2(50-12)$$

$$= 111$$

$$\begin{aligned}
 b_{e2} &= b_w + 8h_f \\
 &= 35 + 8(12) \\
 &= 131
 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 13.2.4)

Pilih nilai terkecil antara b_{e1} dan b_{e2} yaitu 111

Faktor modifikasi

$$\begin{aligned}
 K &= \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x\left(\frac{h_f}{h_w}\right)x\left[4 - 6\left(\frac{h_f}{h_w}\right) + 4\left(\frac{h_f}{h_w}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x\left(\frac{h_f}{h_w}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x\left(\frac{h_f}{h_w}\right)} \\
 &= \frac{1 + \left(\frac{111}{35} - 1\right)x\left(\frac{12}{50}\right)x\left[4 - 6\left(\frac{12}{50}\right) + 4\left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{111}{35} - 1\right)x\left(\frac{12}{50}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{111}{35} - 1\right)x\left(\frac{12}{50}\right)}
 \end{aligned}$$

$$= 1,62367$$

Momen inersia penampang

$$\begin{aligned}
 I_b &= k \times b_w \times \left(\frac{h}{t}\right)^3 \\
 &= 1,62367 \times 35 \times \left(\frac{50}{12}\right)^3 \\
 &= 591964,6 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

Momen inersia lajur pelat

$$\begin{aligned}
 I_p &= b_p \times \left(\frac{t}{12}\right)^3 \\
 &= 0,5(466,67) \times \left(\frac{12}{12}\right)^3 \\
 &= 33600,2 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_1 = \frac{i_b}{i_p} = \frac{591964}{33600,2} = 17,62$$

Rata – rata rasio kekuatan 4 balok =

$$\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4} = 8,61649$$

Berdasarkan *SNI 2847-2013 Pasal 9.5.3.3(c)* Untuk α_m lebih besar dari 2h, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari persamaan berikut

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm sehingga,

$$h = \frac{436,67 \times \left(0,8 + \frac{400}{1400}\right)}{36 + (9 \times 1,4927)} > 90 \text{ mm}$$

$$h = 8,19 \text{ cm}$$

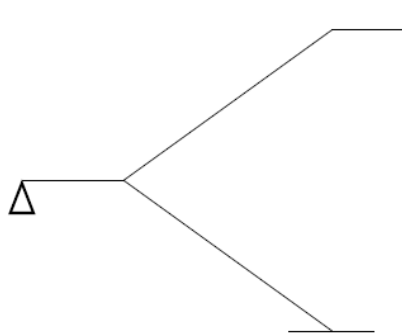
$$h = 95,9042 \text{ mm} > 90 \text{ mm}$$

maka dimensi pelat lantai yang digunakan adalah 120 mm

4.1.4 Perencanaan Dimensi Tangga

Pemodelan struktur tangga ini menggunakan program SAP 2000. Adapun data – data yang diinput adalah sebagai berikut :

1. Perletakan : Jepit – sendi - jepit
2. Pembebanan : Dead Load (DL) dan Live Load (LL)
3. Kombinasi : 1,2 DL + 1,6 LL
4. Distribusi : (Uniform shell Load) untuk semua beban DL dan LL sesuai dengan pembebanan tangga.

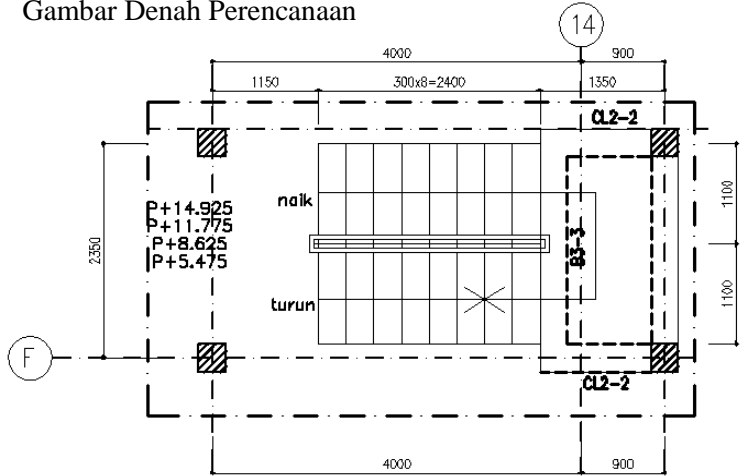


Dalam perencanaan ini, terdapat 2 macam tipe tangga yaitu tangga samping dan tangga lift. Elevasi tiap lantai mempunyai ketinggian yang berbeda. Berikut akan dibahas perencanaan dimensi tangga Lift as (F-14). Adapun data – data dan perhitungan tangga dan bordes menurut metode SRPMM adalah sebagai berikut :

Data-data Perencanaan :

- Kuat tekan beton (f_c') : 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan (f_y) : 400 Mpa
- Tebal Pelat : 12 cm
- Tebal Selimut Beton : 30 mm
- Lebar Injakan (i) : 30 cm
- Tinggi Injakan (t) : 17,5 cm
- Tinggi tangga : 315 cm
- Tinggi bordes : 157,5 cm
- Panjang datar tangga : 240 cm

Gambar Denah Perencanaan



Gambar 4.5 Denah Perencanaan Tangga

Perhitungan Perencanaan :

- Panjang miring tangga

$$L = \sqrt{\text{tinggi bordes}^2 + \text{panjang tangga}^2}$$

$$= \sqrt{157,5^2 + 240^2}$$

$$= 2,869 \text{ m}$$

- Jumlah tanjakan

$$nt = \frac{\text{tinggi tangga}}{\text{tinggi tanjakan}}$$

$$= \frac{315}{17,5}$$

$$= 17 \text{ buah}$$

- Jumlah injakan

$$ni = nt - 1$$

$$= 17 - 1$$

$$= 16 \text{ buah}$$

- Sudut kemiringan

$$\alpha = \arctan \frac{t}{i}$$

$$\alpha = \arctan \frac{17,5}{30}$$

$$\alpha = 30,26^\circ$$

- syarat sudut kemiringan

$$25 \leq \alpha \leq 40^\circ$$

$$25 \leq 30,26^\circ \leq 40^\circ \rightarrow \text{Memenuhi}$$

- Tebal efektif pelat tangga

$$\text{Luas 1} = \frac{1}{2} \times i \times t = 262,5 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luas 2} = \frac{1}{2} \times \sqrt{i^2 \times t^2} = 16 \times d$$

Persamaan

$$L\Delta 1 = L\Delta 2$$

$$262,5 \text{ cm}^2 = 16 \times d$$

$$d = 16,41 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{2} d = 8,20 \text{ cm}$$

Maka tebal efektif pelat tangga = 8,20 cm \approx 12 cm

4.2 Perhitungan Pembebanan Struktur

4.2.1 Pembebanan Pelat

Komponen struktur pelat merupakan salah satu komponen struktur sekunder yang mana kondisi komponen struktur sekunder mengalami kehancuran lebih awal daripada komponen struktur primer. Beban yang ada pada komponen struktur pelat disesuaikan dengan Peraturan Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2013). Dan karenan komponen struktur pelat merupakan salah satu komponen struktur sekunder maka direncanakan hanya menerima beban mati (DL) dan beban hidup (LL) dengan menggunakan kombinasi pembebanan yaitu 1,2 DL + 1,6LL

- Pembebanan Pelat lantai

Beban mati:

$$\text{Berat pelat (12cm)} = 288 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat Keramik (19mm) + Spesi 25 mm} = 110 \text{ kg/m}^2$$

(ASCE 7)

$$\text{Plafond kalsiboard 4.5(1,2x2,4)m} \quad 18,4 \text{ kg} = 6,389 \text{ kg/m}^2$$

(Brosur)

$$\text{Pertisi Plafond Kalsipart 8(1,2x2,4)m} \quad 33,6 \text{ kg} = 11,67 \text{ kg/m}^2$$

(Brosur)

$$\text{Pemipaan air} = 25 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Mekanikal Elektrikal (ASCE 7)} = \underline{19 \text{ kg/m}^2} +$$

$$\text{Total beban mati pelat} = 460,1 \text{ kg/m}^2$$

- **Pembebanan Pelat atap**

Beban mati:

$$\text{Berat pelat (12 cm)} = 288 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat aspal tebal 1 cm (Brosur)} = 10,5 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Plafond kalsiboard 4.5(1,2x2,4)m} \quad 18,4 \text{ kg} = 6,389 \text{ kg/m}^2$$

(Brosur)

$$\text{Pertisi Plafond Kalsipart 8(1,2x2,4)m} \quad 33,6 \text{ kg} = 11,67$$

(Brosur)

$$\text{Pemipaan air} = 25 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Mekanikal Elektrikal (ASCE 7)} = \underline{19 \text{ kg/m}^2} +$$

$$\text{Total beban mati pelat} = 360,1 \text{ kg/m}^2$$

- **Beban Hidup pelat lantai sesuai SNI 1727-2013 :**

Beban hidup lantai 1 :

Tidak ada beban hidup yang dibebankan pada lantai 1 dikarenakan beban hidup langsung dibebankan pada tanah

Beban hidup lantai 2 hingga lantai 5 :

$$\text{Kos (Tempat tinggal)} = 192 \text{ kg/m}^2$$

Beban hidup lantai atap :

$$\text{Pelat atap} = 96 \text{ kg/m}^2$$

Beban hujan pada lantai atap

$$R = 0,0098 (d_s + d_h)$$

$$R = 0,0098 (20 + 5)$$

$$R = 0,245 \text{ kN/m}^2 = 24,5 \text{ kg /m}^2$$

4.2.2 Pembebanan Tangga

- Beban pelat anak tangga lift lantai 2 hingga lantai 4

Beban mati:

$$\text{Beban pelat (12 cm)} = 228 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban anak tangga}(0,082\text{m} \times 2400 \text{ kg/m}^3) = 197 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban Keramik (19mm) + Spesi 25 mm} = 110 \text{ kg/m}^2$$

(ASCE 7)

$$\text{Beban pegangan} = \underline{10 \text{ kg/m}^2} +$$

$$\text{Total beban mati pelat (q DL)} = 604,8 \text{ kg/m}^2$$

- Beban pelat anak tangga samping lantai 2 hingga lantai 4

Beban mati:

$$\text{Beban pelat (12 cm)} = 228 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban anak tangga}(0,073\text{m} \times 2400 \text{ kg/m}^3) = 176 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban Keramik (19mm) + Spesi 25 mm} = 110 \text{ kg/m}^2$$

(ASCE 7)

$$\text{Beban pegangan} = \underline{10 \text{ kg/m}^2} +$$

$$\text{Total beban mati pelat (q DL)} = 583,7 \text{ kg/m}^2$$

- Beban Hidup pelat tangga sesuai SNI 1727-2013 :

Beban hidup rencana minimum pada tangga tetap dengan anak tangga harus merupakan beban merata yaitu :

Untuk lantai 2 hingga lantai 4 tangga lift =

$$479 \text{ kg/m}^2$$

Untuk lantai 2 hingga lantai 4 tangga samping = 479

$$\text{kg/m}^2$$

- Beban pelat bordes

Beban mati:

$$\text{Beban pelat (12 cm)} = 228 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban Keramik (19mm) + Spesi 25 mm} = 110 \text{ kg/m}^2$$

(ASCE 7)

$$\begin{aligned}\text{Berat pegangan} &= 10 \text{ kg/m}^2 + \\ \text{Total beban mati pelat (q DL)} &= 408 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

- Beban Hidup pelat bordes sesuai SNI 1727-2013 :
Untuk lantai 2 hingga lantai 4 tangga lift = 479 kg/m²
Untuk lantai 1 hingga lantai 4 tangga samping = 479 kg/m²

4.2.3 Pembebanan Dinding

$$\begin{aligned}\text{Berat Siticon (600 kg/m}^2 \times 0,1\text{m)} &= 75 \text{ kg/m}^2 \\ &(\text{Brosur})\end{aligned}$$

$$\text{Berat plesteran D200 (Brosur)} = 80 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat acian NP S450 (Brosur)} = 6 \text{ kg/m}^2 +$$

$$\text{Total beban dinding} = 146 \text{ kg/m}^2$$

Perhitungan :

- Beban merata lantai 1 = H1 x Total beban dinding
= 3,52 m x 146 kg/m²
= 513,92 kg/m
- Beban merata lantai 2 = H2 x Total beban dinding
= 3,15 m x 146 kg/m²
= 459,9 kg/m
- Beban merata lantai 3 = H3 x Total beban dinding
= 3,15 m x 146 kg/m²
= 459,9 kg/m
- Beban merata lantai 4 = H4 x Total beban dinding
= 3,15 m x 146 kg/m²
= 459,9 kg/m
- Beban merata lantai 5 = H5 x Total beban dinding
= 2,7 m x 146 kg/m²
= 394,2 kg/m

4.2.4 Pembebanan Angin

Dalam perhitungan pembebanan angin menggunakan SNI 1727:2013 tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. Dalam peraturan tersebut beban angin di desain untuk bangunan gedung dan struktur lain, termasuk Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) harus ditentukan dengan menggunakan salah satu dari empat prosedur yaitu prosedur pengarah untuk bangunan gedung seluruh ketinggian, prosedur amplop untuk bangunan gedung bertingkat rendah, prosedur pengarah untuk perlengkapan bangunan gedung, dan prosedur terowongan angin.

Berikut perhitungan pembebanan angin bangunan gedung Kozko Citraland Surabaya :

1. Data Perencanaan:

| | |
|------------------|----------------|
| Fungsi bangunan | : Kozko |
| Tinggi bangunan | : 16,075 m |
| Panjang bangunan | : 84 m |
| Lebar bangunan | : 17,475 m |
| Tinggi lantai | : h1 : 3,52 m |
| | h2-h4 : 3,15 m |
| | h5 : 2,7 m |

2. Kategori bangunan gedung

- Sesuai SNI 1727:2013 pasal 26.2
Termasuk bangunan gedung tertutup karena bangunan gedung tidak memenuhi persyaratan untuk bangunan gedung terbuka dan bangunan gedung tertutup sebagian
- Sesuai SNI 1727:2013 pasal 26.2 dan 26.9.2
Termasuk bangunan kaku karena memenuhi persyaratan sebagai berikut :

Penentuan Frekuensi

- Tinggi bangunan ≤ 91 m
16,075 m ≤ 91 m (OK)
- Tinggi bangunan $\leq 4 \times L_{eff}$

$$L_{\text{eff}} = \frac{\sum h_i L_i}{\sum h_i} = \frac{305,463 \text{ m}^2}{15,675 \text{ m}} = 19,487 \text{ m}$$

Maka, $15,675 \text{ m} \leq 4 \times 19,487 \text{ m}$

$15,675 \text{ m} \leq 77,95 \text{ m}$ (OK)

Sehingga dapat dihitung sesuai dengan pasal 26.9.3 frekuensi alami perkiraan.

Untuk beton bangunan rangka penahan momen

$$n_a = \frac{43,5}{h^{0,9}} = \frac{43,5}{15,675^{0,9}} = 3,654 \text{ Hz}$$

Maka, $n_a \geq 1 \text{ Hz}$

$3,654 \text{ Hz} \geq 1 \text{ Hz}$ (OK)

- Dari uraian diatas maka pembebanan angin pada bangunan gedung SPBAU menggunakan prosedur pengarah (lihat SNI 1727:2013 pasal 27)

3. Langkah-langkah untuk menentukan beban angin SPBAU untuk bangunan gedung tertutup dengan prosedur pengarah (SNI 1727:2013 tabel 27.2-1)

a) Menentukan kategori resiko bangunan gedung atau struktur lain

Terdapat pada SNI 1727 – 2013 dalam Tabel 1.5-1 yang mana bangunan gedung termasuk kategori resiko II

$I_w = 1$

b) Menentukan kecepatan angin dasar (V)

Sesuai dengan prakiraan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

$V = 30 \text{ km/jam} = 8,33 \text{ m/s}$

Tabel 4.1 Prakiran cuaca provinsi jawa timur

(sumber : meteo.bmkg.go.id)

| Ibukota Kabupaten | Cuaca | Suhu (°C) | Kelembaban (%) | Kec. Angin (km/jam) | Arah Angin |
|-------------------|---------------|-----------|----------------|---------------------|------------|
| Gresik | Cerah Berawan | 26 - 34 | 61 - 95 | 30 | Timur Laut |
| Bangkalan | Cerah Berawan | 27 - 33 | 62 - 95 | 30 | Timur |
| Sampang | Berawan | 27 - 33 | 65 - 95 | 30 | Timur |
| Pamekasan | Berawan | 26 - 33 | 64 - 95 | 30 | Timur |
| Sumenep | Hujan Ringan | 26 - 33 | 65 - 90 | 35 | Timur |
| Kediri | Berawan | 23 - 33 | 68 - 95 | 30 | Tenggara |

- c) Menentukan Faktor arah angin
 Sesuai dengan SNI 1727:2013 tabel 26.6-1
 $K_d = 0,85$

Tabel 4.2 Faktor arah angin, K_d

| Tipe Struktur | Faktor Arah Angin K_d^* |
|--|---------------------------|
| Bangunan Gedung Sistem Penahan Beban Angin Utama Komponen dan Klading Bangunan Gedung | 0,85 0,85 |
| Atap Lengkung | 0,85 |
| Cerobong asap, Tangki, dan Struktur yang sama | |
| Segi empat | 0,90 |
| Segi enam | 0,95 |
| Bundar | 0,95 |
| Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat | 0,85 0,85 |
| papan reklame terbuka dan kerangka kisi | 0,85 |
| Rangka batang menara | |
| Segi tiga, segi empat, persegi panjang | 0,85 |
| Penampang lainnya | 0,95 |

- d) Kategori Eksposur
 Sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 26.7
 Maka termasuk dalam eksposur B
- e) Faktor topografi
 Sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 26.8.2
 $K_{zt} = 1$
- f) Faktor efek tiupan angin
 Sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 26.9.1
 Faktor efek tiupan angin untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku diambil $G = 0,85$
- g) Koefisien tekanan internal
 Sesuai dengan SNI 1727:2013 tabel 26.11-1

Tabel 4.3 Koefisien tekanan internal

| Klasifikasi Ketertutupan | (GC_{pi}) |
|-----------------------------------|------------------|
| Bangunan gedung terbuka | 0,00 |
| Bangunan gedung tertutup sebagian | + 0,55 - 0,55 |
| Bangunan gedung tertutup | + 0,18 - 0,18 |

$$\text{Maka, } GC_{pi} = + 0,18 \\ - 0,18$$

- h) Koefisien eksposur tekanan velositas
Sesuai dengan SNI 1727:2013 tabel 27.3-1

Tabel 4.4 Koefisien eksposur tekanan velositas

| Tinggi di atas level tanah, z | | Eksposur | | |
|-------------------------------|---------|----------|------|------|
| | | B | C | D |
| ft | (m) | | | |
| 0-15 | (0-4,6) | 0,57 | 0,85 | 1,03 |
| 20 | (6,1) | 0,62 | 0,90 | 1,08 |
| 25 | (7,6) | 0,66 | 0,94 | 1,12 |
| 30 | (9,1) | 0,70 | 0,98 | 1,16 |
| 40 | (12,2) | 0,76 | 1,04 | 1,22 |
| 50 | (15,2) | 0,81 | 1,09 | 1,27 |
| 60 | (18) | 0,85 | 1,13 | 1,31 |
| 70 | (21,3) | 0,89 | 1,17 | 1,34 |
| 80 | (24,4) | 0,93 | 1,21 | 1,38 |
| 90 | (27,4) | 0,96 | 1,24 | 1,40 |
| 100 | (30,5) | 0,99 | 1,26 | 1,43 |
| 120 | (36,6) | 1,04 | 1,31 | 1,48 |
| 140 | (42,7) | 1,09 | 1,36 | 1,52 |
| 160 | (48,8) | 1,13 | 1,39 | 1,55 |
| 180 | (54,9) | 1,17 | 1,43 | 1,58 |
| 200 | (61,0) | 1,20 | 1,46 | 1,61 |
| 250 | (76,2) | 1,28 | 1,53 | 1,68 |
| 300 | (91,4) | 1,35 | 1,59 | 1,73 |
| 350 | (106,7) | 1,41 | 1,64 | 1,78 |
| 400 | (121,9) | 1,47 | 1,69 | 1,82 |
| 450 | (137,2) | 1,52 | 1,73 | 1,86 |
| 500 | (152,4) | 1,56 | 1,77 | 1,89 |

Tinggi bangunan (z) = 17,48 m

Interpolasi nilai z :

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}$$

$$\frac{15,675 - 15,2}{18 - 15,2} = \frac{y - 0,81}{0,85 - 0,81}$$

$$\frac{0,875}{2,8} = \frac{y - 0,81}{0,04}$$

$$y = 0,817$$

Sesuai dengan SNI 1727:2013 tabel 26.9.1

Eksposur B → α = 7

z_g = 365,76 m

$$K_z = 2,01 \left(\frac{z}{z_g} \right)^{\frac{2}{\alpha}}$$

$$K_z = 2,01 \left(\frac{15,675}{365,76} \right)^{\frac{2}{7}}$$

$$K_z = 0,817$$

Maka, $K_z = K_h = 0,817$ (karena atap datar)

- i) Menentukan tekanan velositas
Sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 27.3.2

$$q_z = 0,613 \times K_z \times K_{zt} \times K_d \times V^2$$

$$q_z = 0,613 \times 0,817 \times 1 \times 0,85 \times 8,33^2$$

$$q_z = 29,55 \text{ N/m}^2$$

$$q_h = 0,613 \times K_h \times K_{zt} \times K_d \times V^2$$

$$q_h = 0,613 \times 0,817 \times 1 \times 0,85 \times 8,33^2$$

$$q_h = 29,54 \text{ N/m}^2$$

- j) Menentukan koefisien tekanan eksternal
Sesuai dengan SNI 1727:2013 gambar 27.4-1 untuk dinding dan atap rata

Tabel 4.5 Koefisien tekanan eksternal

| Koefisien tekanan dinding, C_p | | | |
|----------------------------------|---------------|-------|------------------|
| Permukaan | L/B | C_p | Digunakan dengan |
| Dinding di sisi angin datang | Seluruh nilai | 0,8 | q_z |
| Dinding di sisi angin pergi | 0 – 1 | - 0,5 | q_h |
| | 2 | - 0,3 | |
| | ≥ 4 | - 0,2 | |
| Dinding tepi | Seluruh nilai | - 0,7 | q_h |

- Dinding di sisi angin datang (q_z)

$$C_p = 0,8$$

- Dinding di sisi angin pergi (q_h)

$$\frac{L}{B} = \frac{84 \text{ m}}{15,675 \text{ m}} = 5,34$$

$$C_p = - 0,2$$

- Dinding tepi (q_h)

$$C_p = - 0,7$$

k) Tekanan angin pada setiap permukaan bangunan gedung kaku

Sesuai dengan SNI 1727:2013 persamaan 27.4-1

- Dinding di sisi angin datang

$$p = q \cdot G \cdot C_{pi} - q_i \cdot (GC_{pi})$$

$$p = 29,55 \times 0,85 \times 0,8 - 0 \cdot (+0,18)$$

$$p = 21,34 \text{ N/m}^2 = 2,13 \text{ kg/m}^2$$

- Dinding di sisi angin pergi

$$p = q \cdot G \cdot C_{pi} - q_i \cdot (GC_{pi})$$

$$p = 29,55 \times 0,85 \times (-0,2) - 0 \cdot (+0,18)$$

$$p = -5,0235 \text{ N/m}^2 = -0,50 \text{ kg/m}^2$$

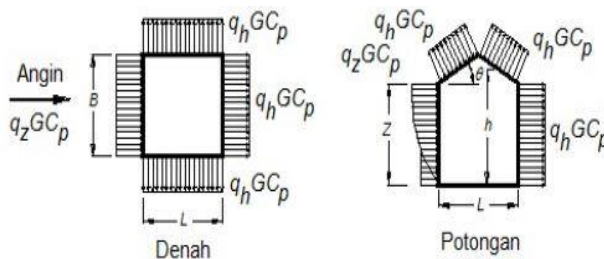
- Dinding tepi

$$p = q \cdot G \cdot C_{pi} - q_i \cdot (GC_{pi})$$

$$p = 29,55 \times 0,85 \times (-0,7) - 0 \cdot (+0,18)$$

$$p = -17,582 \text{ N/m}^2 = -1,76 \text{ kg/m}^2$$

l) Input beban angin di SAP 2000. Beban angin di inputkan ke dalam kolom sebagai beban merata pada tiap-tiap kolom arah x dan y



Atap pelana, atap perisai

4.2.5 Pembebanan Gempa

Berdasarkan SNI 1726:2012 suatu bangunan gedung dibedakan menjadi dua kategori antara lain : bangunan gedung beraturan dan bangunan gedung tidak beraturan. Pada penentuan kategori suatu bangunan gedung dapat dikategorikan sebagai bangunan gedung

beraturan atau tidak beraturan haruslah memenuhi beberapa persyaratan yang tercantum pada tabel 10 dan tabel 11 untuk jenis ketidak beraturan vertikal.

Bangunan gedung kozko citraland surabaya dalam kategori bangunan gedung beraturan, hal ini dikarenakan memenuhi persyaratan yang diatur dalam tabel 10 untuk dikatakan tidak masuk kategori ketidak beraturan horizontal dikarenakan luas tonjolan pada bangunan tersebut kurang dari 15 persen dimensi denah struktur dalam arah yang menentukan. Dan juga memenuhi persyaratan tabel 11 dikatakan tidak masuk kategori ketidak beraturan vertikal dikarenakan tinggi tiap lantai beraturan.

Diketahui :

$$\text{Tinggi tiap lantai} = h_1 = 3,525 \text{ m}$$

$$h_2 - h_4 = 3,15 \text{ m}$$

$$h_5 = 2,7 \text{ m}$$

$$\text{Dimensi kolom} = 45 \text{ cm} \times 45 \text{ cm}$$

$$\text{Mutu beton} = 30 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \text{Modulus elastis (E)} &= 4700\sqrt{f'c'} \\ &= 4700\sqrt{30} \\ &= 25742,96 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen inersia (I)} &= \frac{1}{12} \times (45 \text{ cm}) \times (45 \text{ cm})^3 \\ &= 341718,75 \text{ cm}^4 \\ &= 0,003417 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{K lantai 1} &= \frac{3(EI)}{L^3} \\ &= \frac{3(25742,96 \cdot 0,003417)}{3,525^3} \\ &= 6,025 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{K lantai 2-5} &= \frac{3(EI)}{L^3} \\ &= \frac{3(25742,96 \cdot 0,003417)}{3,15^3} \\ &= 8,44 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$\frac{K \text{ lantai } 1}{K \text{ lantai } 2} < 0,7 \rightarrow$ maka bangunan termasuk dalam kategori tidak beraturan vertikal

$\frac{6,205}{8,44} > 0,7 \rightarrow$ gedung termasuk beraturan vertikal

$\frac{8,44}{8,44} > 0,7 \rightarrow$ gedung termasuk beraturan vertikal

Berdasarkan penjelasan diatas bahwa bangunan gedung kozko citraland surabaya termasuk dalam kategori bangunan beraturan. Sehingga pada perhitungan pembebanan gempa menggunakan analisis perhitungan statik ekuivalen. Berikut langkah-langkah dalam perhitungan :

a. Klasifikasi Situs

Sesuai SNI 1726:2012 pasal 5.3 jenis kategori tanah dibedakan menjadi tanah keras, sedang, lunak, khusus. Jenis tanah pada lokasi bangunan adalah tanah keras maka menggunakan perhitungan data SPT berikut ini:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}}$$

Tabel 4.6 Perhitungan N SPT

| Lapisan ke (i) | Tebal per lapisan (di) | Ni | Di/Ni |
|----------------|------------------------|-------|-------|
| 1 | 2 | 18 | 0,111 |
| 2 | 6 | 46,67 | 0,126 |
| 3 | 5 | 50 | 0,1 |
| Σ | 13 | | 0,337 |

Sehingga didapatkan nilai \bar{N} sebagai berikut:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}}$$

$$\bar{N} = \frac{13}{0,337}$$

$$\bar{N} = 38,58$$

Sesuai **SNI 1726:2012 Tabel 3**, karena nilai $\bar{N} = 38,58$ maka termasuk dalam tanah sedang (SD) karena $15 < N < 50$

- b. Faktor Percepatan Batuan Dasar (S_s, S_1)

Direncanakan bangunan berumur 10% dalam 100 tahun (Gempa 1000 tahun)

Diketahui dari lokasi bangunan:

$$S_s = 0,3 \text{ g}$$

(**Peta Hazard Gempa Indonesia 2010, Gambar 6**)

$$S_i = 0,1 \text{ g}$$

(**Peta Hazard Gempa Indonesia 2010, Gambar 7**)

- c. Faktor Koefisien Situs (F_a, F_v) dan Parameter respon (S_{ms}, S_{d1})

Tabel 4.7 Perhitungan Nilai F_a secara interpolasi Linier

| S_s | F_a |
|-------|-------|
| 0,5 | 1,4 |
| 0,4 | 2,42 |
| 0,25 | 1,6 |

$$\begin{aligned} & \frac{0,5 - 0,25}{1,6 - 1,4} \\ &= \frac{0,4 - 0,25}{x - 1,6} \\ & \frac{0,25}{0,2} = \frac{0,15}{x - 1,6} \\ & x = 2,42 \end{aligned}$$

Maka $F_a = 2,42$

$S_1 = 0,1 \text{ g}$ berada di $S_1 \leq 0,1$

(**SNI 1726:2012 Tabel 5**)

Maka $F_v = 2,4$

Koefisien situs

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 2,42 \times 0,3 = 0,726 \text{ g}$$

(**SNI 1726:2012 Pasal 6.2**)

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 2,4 \times 0,1 = 0,24 \text{ g}$$

(**SNI 1726:2012 Pasal 6.2**)

d. Parameter percepatan spektral desain

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS}$$

(SNI 1726:2012 Pasal 6.3)

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times 0,726$$

$$S_{DS} = 0,484$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1}$$

(SNI 1726:2012 Pasal 6.3)

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times 0,24$$

$$= 0,16$$

e. Spektrum respons desain

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \frac{0,16}{0,484} = 0,06612 \text{ detik}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,16}{0,484} = 0,33058 \text{ detik}$$

$$T_a = C_t \cdot h_n^x$$

(SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2.1)

$$T = 0,0466 \cdot 15,675^{0,9}$$

(SNI 1726:2012 Tabel 15)

$$T_a = 0,555 \text{ detik}$$

Dari perhitungan diatas, maka termasuk kedalam persamaan:

$$T_0 < T_a < T_s \rightarrow S_a = S_{DS}$$

(SNI 1726:2012 Pasal 6.4)

Sehingga didapatkan nilai $S_a = S_{DS} = 0,3 g$

f. Tinggi Bangunan

$$- H_0 = 0 \quad m$$

$$- H_1 = 3,525 \quad m$$

$$- H_2 = 6,675 \quad m$$

$$- H_3 = 9,825 \quad m$$

- $H_4 = 12,975 \text{ m}$
 - $H_5 = 15,675 \text{ m}$
- g. Berat Bangunan

Tabel 4.8 Berat bangunan

| W | Jenis Beban | Komponen | Berat (kg) | Total (kg) |
|---|---------------|-------------|------------|-------------|
| 0 | Mati | Kolom | 64243,13 | 199300,138 |
| | | Tangga | 2920,579 | |
| | | Dinding | 125340,4 | |
| | Hidup | Tangga | 4123 | |
| | Mati Tambahan | Tangga | 2673 | |
| | | | | |
| | Mati | Kolom | 121651,9 | 1247522,496 |
| | | Balok Induk | 286494,6 | |
| | | Balok Anak | 79551 | |
| | | Pelat | 428883,303 | |
| | | Tangga | 6633,158 | |
| | | Dinding | 292808,4 | |
| | Hidup | Pelat | 2070,92 | |
| | | Tangga | 8113 | |
| | Mati Tambahan | Pelat | 15465,3 | |
| | | Tangga | 5850,9 | |
| | | | | |
| 2 | Mati | Kolom | 114817,5 | 1282411,073 |
| | | Balok Induk | 286494,6 | |
| | | Balok Anak | 79551 | |
| | | Pelat | 428883,303 | |

| | | | | |
|---|---------------|-------------|------------|--------------|
| | | Tangga | 6633,158 | |
| | | Dinding | 334936 | |
| | Hidup | Tangga | 7847 | |
| | | Pelat | 2070,92 | |
| | Mati Tambahan | Pelat | 15465,3 | |
| | | Tangga | 5712,3 | |
| | | | | |
| 3 | Mati | Kolom | 114817,5 | 1039912,55 |
| | | Balok Induk | 286494,6 | |
| | | Balok Anak | 79551 | |
| | | Pelat | 428883,303 | |
| | | Tangga | 6633,158 | |
| | | Dinding | 334936 | |
| | Hidup | Tangga | 7714 | |
| | | Pelat | 2070,92 | |
| | Mati Tambahan | Pelat | 15465,3 | |
| | | Tangga | 4342,2 | |
| | | | | |
| 4 | Mati | Kolom | 106616,3 | 11244306,186 |
| | | Balok Induk | 286494,6 | |
| | | Balok Anak | 79551 | |
| | | Pelat | 428883,303 | |
| | | Tangga | 2461,2 | |
| | | Dinding | 311012 | |
| | Hidup | Tangga | 3990 | |
| | | Pelat | 2070,92 | |
| | Mati Tambahan | Tangga | 77761,6 | |
| | | Pelat | 15465,3 | |

| | | | | |
|---------|---------------|-------------|------------|-------------|
| | | | | |
| 5 | Mati | Kolom | 49207,5 | 910706,926 |
| | | Balok Induk | 286494,6 | |
| | | Balok Anak | 79551 | |
| | | Pelat | 416310,106 | |
| | | Dinding | 143544 | |
| | Hidup | Pelat | 8628,84 | |
| | Mati Tambahan | Pelat | 6521,88 | |
| W total | | | | 6238665,591 |

- h. Menentukan koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

$$S_{DS} = 0,484$$

$$S_{D1} = 0,160$$

(Sesuai *SNI 1726:2012 tabel 14*)

Tabel 4.9 Menentukan C_u dengan cara interpolasi linier

| S_{D1} | C_u |
|----------|-------|
| 0,15 | 1,6 |
| 0,160 | 1,58 |
| 0,2 | 1,5 |

Dengan cara interpolasi, Maka $C_u = 1,58$

- i. Mencari periode fundamental pendekatan

$$T_a = 0,555 \text{ detik}$$

$$\text{Maka } T = T_a = 0,555$$

- j. Perhitungan koefisien respons seismik

Sesuai *SNI 1726:2012 tabel 1 dan 2* fungsi bangunan sebagai gedung perkuliahan, maka termasuk dalam kategori resiko II

$$I_e = 1$$

Sesuai *SNI 1726:2012 tabel 9* menggunakan Sistem Rangka beton bertulang pemikul momen menengah

$$R = 5$$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

(SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1.1 persamaan 22)

$$C_s = \frac{0,484}{\left(\frac{5}{1}\right)}$$

$$C_s = 0,097$$

Syarat :

$$- C_s \leq \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

(SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1.1 persamaan 23)

$$0,097 \leq \frac{0,160}{0,555\left(\frac{5}{1}\right)}$$

$$0,097 \leq 0,058 \quad (\text{tidak memenuhi})$$

$$- C_s \geq 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \geq 0,001$$

(SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1.1 persamaan 24)

$$0,097 \geq 0,044 \cdot 0,484 \cdot 1 \geq 0,001$$

$$0,097 \geq 0,058 \geq 0,001 \quad (\text{memenuhi})$$

Maka nilai C_s diambil 0,097

k. Geser dasar seismik

$$V = C_s \times W$$

$$V = 0,097 \times 6238665,59 \text{ kg}$$

$$V = 603902,829 \text{ kg}$$

l. Gaya Dasar Seismik per Lantai (F)

$$F_x = C_{vx} \cdot V$$

(SNI 1726:2012 Pasal 7.8.3 persamaan 30)

$$C_{vx} = \frac{W_x h_x^k}{\sum W_i h_i^k}$$

(SNI 1726:2012 Pasal 7.8.3 persamaan 31)

k = eksponen yang terkait dengan perioda struktur

$$T = 0,555$$

syarat :

- $T \leq 0,5 \text{ s}$, maka $k = 1$

- $T \geq 2,5 \text{ s}$, maka $k = 2$

- $0,5 \text{ s} < T < 2,5 \text{ s}$, maka k ditentukan dengan

interpolasi linier antar 1 dan 2

| T | K |
|-------|--------|
| 2,5 | 2 |
| 0,555 | 1,0274 |
| 0,5 | 1 |

$$\frac{2,5 - 0,5}{2 - 1} = \frac{0,555 - 0,5}{x - 1}$$

$$\frac{2}{1} = \frac{0,055}{x - 1}$$

$$x = 1,0274$$

Maka nilai $k = 1,0274$

| Lantai | W _x | H _x | W _x .h _x ^k | C _v x | F _x =C _v x.V |
|----------------|----------------|----------------|---|------------------|------------------------------------|
| | (kg) | (m) | (kgm) | | (kg) |
| F ₀ | 199300,14 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| F ₁ | 124752,50 | 3,525 | 4551739,4 | 0,07 | 45124,08736 |
| F ₂ | 1282411,07 | 6,675 | 9016436,5 | 0,148 | 89385,27271 |
| F ₃ | 1280907,97 | 9,825 | 13396767 | 0,22 | 132810,0808 |
| F ₄ | 1244306,19 | 12,975 | 17317630 | 0,2843 | 171679,9161 |
| F ₅ | 984217,73 | 15,675 | 16634079 | 0,27 | 164903,4723 |
| Σ | 6238665,59 | | 60916652 | 1 | 603902,8292 |

Cek Gaya Geser

$$V = F_0 + F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$$

$$603902,8 \text{ kg} = 603902,8 \text{ kg (OK)}$$

m. Beban Gempa per Kolom

| Lantai | Pusat Massa | | Pusat Kekakuan | | Eksentrisitas | |
|------------------|-------------|------|----------------|------|---------------|------|
| | X | Y | X | Y | x | y |
| Lantai 1 (dasar) | 41,92 | 9,72 | 42 | 8,11 | 0,08 | 1,61 |
| Lantai 2 | 41,90 | 8,76 | 42 | 8,11 | 0,10 | 0,65 |
| Lantai 3 | 41,90 | 8,76 | 42 | 8,11 | 0,10 | 0,65 |

| | | | | | | |
|-----------------|-------|------|----|------|------|------|
| Lantai 4 | 41,90 | 8,76 | 42 | 8,11 | 0,10 | 0,65 |
| Lantai 5 | 41,90 | 8,76 | 42 | 8,11 | 0,10 | 0,65 |
| Lantai 6 (atap) | 41,88 | 8,76 | 42 | 8,11 | 0,12 | 0,61 |

- **Lantai 1 (dasar)**

$$\text{Fix} = 0$$

$$\text{Fiy} = 0$$

- **Lantai 2**

$$\text{Mx} = \text{Eksentrisitas } x \cdot F_1$$

$$= 0,10 \text{ m} \cdot 45124,08736 \text{ kg}$$

$$= 4512,408736 \text{ kgm}$$

$$\text{My} = \text{Eksentrisitas } y \cdot F_1$$

$$= 0,65 \text{ m} \cdot 45124,08736 \text{ kg}$$

$$= 29330,65678 \text{ kgm}$$

$$F_{ix} = \frac{F_1}{n \text{ kolom}} + \frac{\text{Eksentrisitas } x \cdot x}{\sum(x^2)}$$

$$F_{iy} = \frac{F_1}{n \text{ kolom}} + \frac{\text{Eksentrisitas } y \cdot y}{\sum(y^2)}$$

| No | As | X | Y | (X) ² | (Y) ² | Fix | Fiy |
|----|------|-----|-------|------------------|------------------|-------|-------|
| 1 | A-1 | -42 | -8,11 | 1764 | 65,77 | 525,9 | 596,9 |
| 2 | A-2 | -36 | -8,11 | 1296 | 65,77 | 536,7 | 596,9 |
| 3 | A-3 | -30 | -8,11 | 900 | 65,77 | 547,5 | 596,9 |
| 4 | A-4 | -24 | -8,11 | 576 | 65,77 | 558,3 | 596,9 |
| 5 | A-5 | -18 | -8,11 | 324 | 65,77 | 569,2 | 596,9 |
| 6 | A-6 | -12 | -8,11 | 144 | 65,77 | 580 | 596,9 |
| 7 | A-7 | -6 | -8,11 | 36 | 65,77 | 590,8 | 596,9 |
| 8 | A-8 | 0 | -8,11 | 0 | 65,77 | 601,7 | 596,9 |
| 9 | A-9 | 6 | -8,11 | 36 | 65,77 | 612,5 | 596,9 |
| 10 | A-10 | 12 | -8,11 | 144 | 65,77 | 623,3 | 596,9 |
| 11 | A-11 | 18 | -8,11 | 324 | 65,77 | 634,1 | 596,9 |
| 12 | A-12 | 24 | -8,11 | 576 | 65,77 | 645 | 596,9 |
| 13 | A-13 | 30 | -8,11 | 900 | 65,77 | 655,8 | 596,9 |

| | | | | | | | |
|----|------|-----|-------|------|-------|-------|-------|
| 14 | A-14 | 36 | -8,11 | 1296 | 65,77 | 666,6 | 596,9 |
| 15 | A-15 | 42 | -8,11 | 1764 | 65,77 | 677,4 | 596,9 |
| 16 | B-1 | -42 | -4,31 | 1764 | 18,58 | 525,9 | 599,1 |
| 17 | B-2 | -36 | -4,31 | 1296 | 18,58 | 536,7 | 599,1 |
| 18 | B-3 | -30 | -4,31 | 900 | 18,58 | 547,5 | 599,1 |
| 19 | B-4 | -24 | -4,31 | 576 | 18,58 | 558,3 | 599,1 |
| 20 | B-5 | -18 | -4,31 | 324 | 18,58 | 569,2 | 599,1 |
| 21 | B-6 | -12 | -4,31 | 144 | 18,58 | 580 | 599,1 |
| 22 | B-7 | -6 | -4,31 | 36 | 18,58 | 590,8 | 599,1 |
| 23 | B-8 | 0 | -4,31 | 0 | 18,58 | 601,7 | 599,1 |
| 24 | B-9 | 6 | -4,31 | 36 | 18,58 | 612,5 | 599,1 |
| 25 | B-10 | 12 | -4,31 | 144 | 18,58 | 623,3 | 599,1 |
| 26 | B-11 | 18 | -4,31 | 324 | 18,58 | 634,1 | 599,1 |
| 27 | B-12 | 24 | -4,31 | 576 | 18,58 | 645 | 599,1 |
| 28 | B-13 | 30 | -4,31 | 900 | 18,58 | 655,8 | 599,1 |
| 29 | B-14 | 36 | -4,31 | 1296 | 18,58 | 666,6 | 599,1 |
| 30 | B-15 | 42 | -4,31 | 1764 | 18,58 | 677,4 | 599,1 |
| 31 | C-1 | -42 | -0,31 | 1764 | 0,10 | 525,9 | 601,5 |
| 32 | C-2 | -36 | -0,31 | 1296 | 0,10 | 536,7 | 601,5 |
| 33 | C-3 | -30 | -0,31 | 900 | 0,10 | 547,5 | 601,5 |
| 34 | C-4 | -24 | -0,31 | 576 | 0,10 | 558,3 | 601,5 |
| 35 | C-5 | -18 | -0,31 | 324 | 0,10 | 569,2 | 601,5 |
| 36 | C-6 | -12 | -0,31 | 144 | 0,10 | 580 | 601,5 |
| 37 | C-7 | -6 | -0,31 | 36 | 0,10 | 590,8 | 601,5 |
| 38 | C-8 | 0 | -0,31 | 0 | 0,10 | 601,7 | 601,5 |
| 39 | C-9 | 6 | -0,31 | 36 | 0,10 | 612,5 | 601,5 |
| 40 | C-10 | 12 | -0,31 | 144 | 0,10 | 623,3 | 601,5 |
| 41 | C-11 | 18 | -0,31 | 324 | 0,10 | 634,1 | 601,5 |
| 42 | C-12 | 24 | -0,31 | 576 | 0,10 | 645 | 601,5 |

| | | | | | | | |
|----|------|-----|-------|------|-------|-------|-------|
| 43 | C-13 | 30 | -0,31 | 900 | 0,10 | 655,8 | 601,5 |
| 44 | C-14 | 36 | -0,31 | 1296 | 0,10 | 666,6 | 601,5 |
| 45 | C-15 | 42 | -0,31 | 1764 | 0,10 | 677,4 | 601,5 |
| 46 | D-1 | -42 | 4,72 | 1764 | 22,23 | 525,9 | 604,4 |
| 47 | D-2 | -36 | 4,72 | 1296 | 22,23 | 536,7 | 604,4 |
| 48 | D-3 | -30 | 4,72 | 900 | 22,23 | 547,5 | 604,4 |
| 49 | D-4 | -24 | 4,72 | 576 | 22,23 | 558,3 | 604,4 |
| 50 | D-5 | -18 | 4,72 | 324 | 22,23 | 569,2 | 604,4 |
| 51 | D-6 | -12 | 4,72 | 144 | 22,23 | 580 | 604,4 |
| 52 | D-7 | -6 | 4,72 | 36 | 22,23 | 590,8 | 604,4 |
| 53 | D-8 | 0 | 4,72 | 0 | 22,23 | 601,7 | 604,4 |
| 54 | D-9 | 6 | 4,72 | 36 | 22,23 | 612,5 | 604,4 |
| 55 | D-10 | 12 | 4,72 | 144 | 22,23 | 623,3 | 604,4 |
| 56 | D-11 | 18 | 4,72 | 324 | 22,23 | 634,1 | 604,4 |
| 57 | D-12 | 24 | 4,72 | 576 | 22,23 | 645 | 604,4 |
| 58 | D-13 | 30 | 4,72 | 900 | 22,23 | 655,8 | 604,4 |
| 59 | D-14 | 36 | 4,72 | 1296 | 22,23 | 666,6 | 604,4 |
| 60 | D-15 | 42 | 4,72 | 1764 | 22,23 | 677,4 | 604,4 |
| 61 | E-1 | -42 | 8,02 | 1764 | 64,24 | 525,9 | 606,3 |
| 62 | E-2 | -36 | 8,02 | 1296 | 64,24 | 536,7 | 606,3 |
| 63 | E-3 | -30 | 8,02 | 900 | 64,24 | 547,5 | 606,3 |
| 64 | E-4 | -24 | 8,02 | 576 | 64,24 | 558,3 | 606,3 |
| 65 | E-5 | -18 | 8,02 | 324 | 64,24 | 569,2 | 606,3 |
| 66 | E-6 | -12 | 8,02 | 144 | 64,24 | 580 | 606,3 |
| 67 | E-7 | -6 | 8,02 | 36 | 64,24 | 590,8 | 606,3 |
| 68 | E-8 | 0 | 8,02 | 0 | 64,24 | 601,7 | 606,3 |
| 69 | E-9 | 6 | 8,02 | 36 | 64,24 | 612,5 | 606,3 |
| 70 | E-10 | 12 | 8,02 | 144 | 64,24 | 623,3 | 606,3 |
| 71 | E-11 | 18 | 8,02 | 324 | 64,24 | 634,1 | 606,3 |

| | | | | | | | |
|----------|------|----|------|--------|------------|---------|---------|
| 72 | E-12 | 24 | 8,02 | 576 | 64,24 | 645 | 606,3 |
| 73 | E-13 | 30 | 8,02 | 900 | 64,24 | 655,8 | 606,3 |
| 74 | E-14 | 36 | 8,02 | 1296 | 64,24 | 666,6 | 606,3 |
| 75 | E-15 | 42 | 8,02 | 1764 | 64,24 | 677,4 | 606,3 |
| Σ | | | | 500400 | 2541341,04 | 45124,1 | 45124,1 |

- Lantai 3

$$\begin{aligned}
 M_x &= \text{Eksentrisitas } x \cdot F_2 \\
 &= 0,10 \text{ m} \cdot 89385,27271 \text{ kg} \\
 &= 8938,527271 \text{ kgm} \\
 M_y &= \text{Eksentrisitas } y \cdot F_2 \\
 &= 0,65 \text{ m} \cdot 89385,27271 \text{ kg} \\
 &= 58100,42726 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{ix} &= \frac{F_2}{n \text{ kolom}} + \frac{\text{Eksentrisitas } x \cdot x}{\Sigma(x^2)} \\
 F_{iy} &= \frac{F_2}{n \text{ kolom}} + \frac{\text{Eksentrisitas } y \cdot y}{\Sigma(y^2)}
 \end{aligned}$$

| N o | As | X | Y | (X) ² | (Y) ² | Fix | Fiy |
|--------|------|-----|-------|------------------|------------------|--------|--------|
| 1 | A-1 | -42 | -8,11 | 1764 | 65,77 | 1041,7 | 1182,5 |
| 2 | A-2 | -36 | -8,11 | 1296 | 65,77 | 1063,1 | 1182,5 |
| 3 | A-3 | -30 | -8,11 | 900 | 65,77 | 1084,6 | 1182,5 |
| 4 | A-4 | -24 | -8,11 | 576 | 65,77 | 1106 | 1182,5 |
| 5 | A-5 | -18 | -8,11 | 324 | 65,77 | 1127,5 | 1182,5 |
| 6 | A-6 | -12 | -8,11 | 144 | 65,77 | 1148,9 | 1182,5 |
| 7 | A-7 | -6 | -8,11 | 36 | 65,77 | 1170,4 | 1182,5 |
| 8 | A-8 | 0 | -8,11 | 0 | 65,77 | 1191,8 | 1182,5 |
| 9 | A-9 | 6 | -8,11 | 36 | 65,77 | 1213,3 | 1182,5 |
| 10 | A-10 | 12 | -8,11 | 144 | 65,77 | 1234,7 | 1182,5 |
| 11 | A-11 | 18 | -8,11 | 324 | 65,77 | 1256,1 | 1182,5 |
| 12 | A-12 | 24 | -8,11 | 576 | 65,77 | 1277,6 | 1182,5 |
| 13 | A-13 | 30 | -8,11 | 900 | 65,77 | 1299 | 1182,5 |

| | | | | | | | |
|----|------|-----|-------|------|-------|--------|--------|
| 14 | A-14 | 36 | -8,11 | 1296 | 65,77 | 1320,5 | 1182,5 |
| 15 | A-15 | 42 | -8,11 | 1764 | 65,77 | 1341,9 | 1182,5 |
| 16 | B-1 | -42 | -4,31 | 1764 | 18,58 | 1041,7 | 1186,8 |
| 17 | B-2 | -36 | -4,31 | 1296 | 18,58 | 1063,1 | 1186,8 |
| 18 | B-3 | -30 | -4,31 | 900 | 18,58 | 1084,6 | 1186,8 |
| 19 | B-4 | -24 | -4,31 | 576 | 18,58 | 1106 | 1186,8 |
| 20 | B-5 | -18 | -4,31 | 324 | 18,58 | 1127,5 | 1186,8 |
| 21 | B-6 | -12 | -4,31 | 144 | 18,58 | 1148,9 | 1186,8 |
| 22 | B-7 | -6 | -4,31 | 36 | 18,58 | 1170,4 | 1186,8 |
| 23 | B-8 | 0 | -4,31 | 0 | 18,58 | 1191,8 | 1186,8 |
| 24 | B-9 | 6 | -4,31 | 36 | 18,58 | 1213,3 | 1186,8 |
| 25 | B-10 | 12 | -4,31 | 144 | 18,58 | 1234,7 | 1186,8 |
| 26 | B-11 | 18 | -4,31 | 324 | 18,58 | 1256,1 | 1186,8 |
| 27 | B-12 | 24 | -4,31 | 576 | 18,58 | 1277,6 | 1186,8 |
| 28 | B-13 | 30 | -4,31 | 900 | 18,58 | 1299 | 1186,8 |
| 29 | B-14 | 36 | -4,31 | 1296 | 18,58 | 1320,5 | 1186,8 |
| 30 | B-15 | 42 | -4,31 | 1764 | 18,58 | 1341,9 | 1186,8 |
| 31 | C-1 | -42 | -0,31 | 1764 | 0,10 | 1041,7 | 1191,4 |
| 32 | C-2 | -36 | -0,31 | 1296 | 0,10 | 1063,1 | 1191,4 |
| 33 | C-3 | -30 | -0,31 | 900 | 0,10 | 1084,6 | 1191,4 |
| 34 | C-4 | -24 | -0,31 | 576 | 0,10 | 1106 | 1191,4 |
| 35 | C-5 | -18 | -0,31 | 324 | 0,10 | 1127,5 | 1191,4 |
| 36 | C-6 | -12 | -0,31 | 144 | 0,10 | 1148,9 | 1191,4 |
| 37 | C-7 | -6 | -0,31 | 36 | 0,10 | 1170,4 | 1191,4 |
| 38 | C-8 | 0 | -0,31 | 0 | 0,10 | 1191,8 | 1191,4 |
| 39 | C-9 | 6 | -0,31 | 36 | 0,10 | 1213,3 | 1191,4 |
| 40 | C-10 | 12 | -0,31 | 144 | 0,10 | 1234,7 | 1191,4 |
| 41 | C-11 | 18 | -0,31 | 324 | 0,10 | 1256,1 | 1191,4 |
| 42 | C-12 | 24 | -0,31 | 576 | 0,10 | 1277,6 | 1191,4 |

| | | | | | | | |
|----|------|-----|-------|------|-------|--------|--------|
| 43 | C-13 | 30 | -0,31 | 900 | 0,10 | 1299 | 1191,4 |
| 44 | C-14 | 36 | -0,31 | 1296 | 0,10 | 1320,5 | 1191,4 |
| 45 | C-15 | 42 | -0,31 | 1764 | 0,10 | 1341,9 | 1191,4 |
| 46 | D-1 | -42 | 4,72 | 1764 | 22,23 | 1041,7 | 1197,2 |
| 47 | D-2 | -36 | 4,72 | 1296 | 22,23 | 1063,1 | 1197,2 |
| 48 | D-3 | -30 | 4,72 | 900 | 22,23 | 1084,6 | 1197,2 |
| 49 | D-4 | -24 | 4,72 | 576 | 22,23 | 1106 | 1197,2 |
| 50 | D-5 | -18 | 4,72 | 324 | 22,23 | 1127,5 | 1197,2 |
| 51 | D-6 | -12 | 4,72 | 144 | 22,23 | 1148,9 | 1197,2 |
| 52 | D-7 | -6 | 4,72 | 36 | 22,23 | 1170,4 | 1197,2 |
| 53 | D-8 | 0 | 4,72 | 0 | 22,23 | 1191,8 | 1197,2 |
| 54 | D-9 | 6 | 4,72 | 36 | 22,23 | 1213,3 | 1197,2 |
| 55 | D-10 | 12 | 4,72 | 144 | 22,23 | 1234,7 | 1197,2 |
| 56 | D-11 | 18 | 4,72 | 324 | 22,23 | 1256,1 | 1197,2 |
| 57 | D-12 | 24 | 4,72 | 576 | 22,23 | 1277,6 | 1197,2 |
| 58 | D-13 | 30 | 4,72 | 900 | 22,23 | 1299 | 1197,2 |
| 59 | D-14 | 36 | 4,72 | 1296 | 22,23 | 1320,5 | 1197,2 |
| 60 | D-15 | 42 | 4,72 | 1764 | 22,23 | 1341,9 | 1197,2 |
| 61 | E-1 | -42 | 8,02 | 1764 | 64,24 | 1041,7 | 1201 |
| 62 | E-2 | -36 | 8,02 | 1296 | 64,24 | 1063,1 | 1201 |
| 63 | E-3 | -30 | 8,02 | 900 | 64,24 | 1084,6 | 1201 |
| 64 | E-4 | -24 | 8,02 | 576 | 64,24 | 1106 | 1201 |
| 65 | E-5 | -18 | 8,02 | 324 | 64,24 | 1127,5 | 1201 |
| 66 | E-6 | -12 | 8,02 | 144 | 64,24 | 1148,9 | 1201 |
| 67 | E-7 | -6 | 8,02 | 36 | 64,24 | 1170,4 | 1201 |
| 68 | E-8 | 0 | 8,02 | 0 | 64,24 | 1191,8 | 1201 |
| 69 | E-9 | 6 | 8,02 | 36 | 64,24 | 1213,3 | 1201 |
| 70 | E-10 | 12 | 8,02 | 144 | 64,24 | 1234,7 | 1201 |
| 71 | E-11 | 18 | 8,02 | 324 | 64,24 | 1256,1 | 1201 |

| | | | | | | | |
|----------|------|----|------|-------|---------|---------|---------|
| 72 | E-12 | 24 | 8,02 | 576 | 64,24 | 1277,6 | 1201 |
| 73 | E-13 | 30 | 8,02 | 900 | 64,24 | 1299 | 1201 |
| 74 | E-14 | 36 | 8,02 | 1296 | 64,24 | 1320,5 | 1201 |
| 75 | E-15 | 42 | 8,02 | 1764 | 64,24 | 1341,9 | 1201 |
| Σ | | | | 50400 | 2563,74 | 89385,3 | 89395,3 |

- **Lantai 4**

$$\begin{aligned} M_x &= \text{Eksentrisitas } x \cdot F_3 \\ &= 0,10 \text{ m} \cdot 132810,0808 \text{ kg} \\ &= 13281,00808 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_y &= \text{Eksentrisitas } y \cdot F_3 \\ &= 0,65 \text{ m} \cdot 132810,0808 \text{ kg} \\ &= 8632,655252 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{ix} &= \frac{F_3}{n \text{ kolom}} + \frac{\text{Eksentrisitas } x \cdot x}{\Sigma(x^2)} \\ F_{iy} &= \frac{F_3}{n \text{ kolom}} + \frac{\text{Eksentrisitas } y \cdot y}{\Sigma(y^2)} \end{aligned}$$

| N o | As | X | Y | (X) ² | (Y) ² | Fix | Fiy |
|--------|------|-----|-------|------------------|------------------|--------|--------|
| 1 | A-1 | -42 | -8,11 | 1764 | 65,77 | 1547,7 | 1756,9 |
| 2 | A-2 | -36 | -8,11 | 1296 | 65,77 | 1579,6 | 1756,9 |
| 3 | A-3 | -30 | -8,11 | 900 | 65,77 | 1611,5 | 1756,9 |
| 4 | A-4 | -24 | -8,11 | 576 | 65,77 | 1643,3 | 1756,9 |
| 5 | A-5 | -18 | -8,11 | 324 | 65,77 | 1675,2 | 1756,9 |
| 6 | A-6 | -12 | -8,11 | 144 | 65,77 | 1707,1 | 1756,9 |
| 7 | A-7 | -6 | -8,11 | 36 | 65,77 | 1738,9 | 1756,9 |
| 8 | A-8 | 0 | -8,11 | 0 | 65,77 | 1770,8 | 1756,9 |
| 9 | A-9 | 6 | -8,11 | 36 | 65,77 | 1802,7 | 1756,9 |
| 10 | A-10 | 12 | -8,11 | 144 | 65,77 | 1834,5 | 1756,9 |
| 11 | A-11 | 18 | -8,11 | 324 | 65,77 | 1866,4 | 1756,9 |
| 12 | A-12 | 24 | -8,11 | 576 | 65,77 | 1898,3 | 1756,9 |
| 13 | A-13 | 30 | -8,11 | 900 | 65,77 | 1930,1 | 1756,9 |

| | | | | | | | |
|----|------|-----|-------|------|-------|--------|--------|
| 14 | A-14 | 36 | -8,11 | 1296 | 65,77 | 1962 | 1756,9 |
| 15 | A-15 | 42 | -8,11 | 1764 | 65,77 | 1993,9 | 1756,9 |
| 16 | B-1 | -42 | -4,31 | 1764 | 18,58 | 1547,7 | 1763,4 |
| 17 | B-2 | -36 | -4,31 | 1296 | 18,58 | 1579,6 | 1763,4 |
| 18 | B-3 | -30 | -4,31 | 900 | 18,58 | 1611,5 | 1763,4 |
| 19 | B-4 | -24 | -4,31 | 576 | 18,58 | 1643,3 | 1763,4 |
| 20 | B-5 | -18 | -4,31 | 324 | 18,58 | 1675,2 | 1763,4 |
| 21 | B-6 | -12 | -4,31 | 144 | 18,58 | 1707,1 | 1763,4 |
| 22 | B-7 | -6 | -4,31 | 36 | 18,58 | 1738,9 | 1763,4 |
| 23 | B-8 | 0 | -4,31 | 0 | 18,58 | 1770,8 | 1763,4 |
| 24 | B-9 | 6 | -4,31 | 36 | 18,58 | 1802,7 | 1763,4 |
| 25 | B-10 | 12 | -4,31 | 144 | 18,58 | 1834,5 | 1763,4 |
| 26 | B-11 | 18 | -4,31 | 324 | 18,58 | 1866,4 | 1763,4 |
| 27 | B-12 | 24 | -4,31 | 576 | 18,58 | 1898,3 | 1763,4 |
| 28 | B-13 | 30 | -4,31 | 900 | 18,58 | 1930,1 | 1763,4 |
| 29 | B-14 | 36 | -4,31 | 1296 | 18,58 | 1962 | 1763,4 |
| 30 | B-15 | 42 | -4,31 | 1764 | 18,58 | 1993,9 | 1763,4 |
| 31 | C-1 | -42 | -0,31 | 1764 | 0,10 | 1547,7 | 1770,3 |
| 32 | C-2 | -36 | -0,31 | 1296 | 0,10 | 1579,6 | 1770,3 |
| 33 | C-3 | -30 | -0,31 | 900 | 0,10 | 1611,5 | 1770,3 |
| 34 | C-4 | -24 | -0,31 | 576 | 0,10 | 1643,3 | 1770,3 |
| 35 | C-5 | -18 | -0,31 | 324 | 0,10 | 1675,2 | 1770,3 |
| 36 | C-6 | -12 | -0,31 | 144 | 0,10 | 1707,1 | 1770,3 |
| 37 | C-7 | -6 | -0,31 | 36 | 0,10 | 1738,9 | 1770,3 |
| 38 | C-8 | 0 | -0,31 | 0 | 0,10 | 1770,8 | 1770,3 |
| 39 | C-9 | 6 | -0,31 | 36 | 0,10 | 1802,7 | 1770,3 |
| 40 | C-10 | 12 | -0,31 | 144 | 0,10 | 1834,5 | 1770,3 |
| 41 | C-11 | 18 | -0,31 | 324 | 0,10 | 1866,4 | 1770,3 |
| 42 | C-12 | 24 | -0,31 | 576 | 0,10 | 1898,3 | 1770,3 |

| | | | | | | | |
|----|------|-----|-------|------|-------|--------|--------|
| 43 | C-13 | 30 | -0,31 | 900 | 0,10 | 1930,1 | 1770,3 |
| 44 | C-14 | 36 | -0,31 | 1296 | 0,10 | 1962 | 1770,3 |
| 45 | C-15 | 42 | -0,31 | 1764 | 0,10 | 1993,9 | 1770,3 |
| 46 | D-1 | -42 | 4,72 | 1764 | 22,23 | 1547,7 | 1778,9 |
| 47 | D-2 | -36 | 4,72 | 1296 | 22,23 | 1579,6 | 1778,9 |
| 48 | D-3 | -30 | 4,72 | 900 | 22,23 | 1611,5 | 1778,9 |
| 49 | D-4 | -24 | 4,72 | 576 | 22,23 | 1643,3 | 1778,9 |
| 50 | D-5 | -18 | 4,72 | 324 | 22,23 | 1675,2 | 1778,9 |
| 51 | D-6 | -12 | 4,72 | 144 | 22,23 | 1707,1 | 1778,9 |
| 52 | D-7 | -6 | 4,72 | 36 | 22,23 | 1738,9 | 1778,9 |
| 53 | D-8 | 0 | 4,72 | 0 | 22,23 | 1770,8 | 1778,9 |
| 54 | D-9 | 6 | 4,72 | 36 | 22,23 | 1802,7 | 1778,9 |
| 55 | D-10 | 12 | 4,72 | 144 | 22,23 | 1834,5 | 1778,9 |
| 56 | D-11 | 18 | 4,72 | 324 | 22,23 | 1866,4 | 1778,9 |
| 57 | D-12 | 24 | 4,72 | 576 | 22,23 | 1898,2 | 1778,9 |
| 58 | D-13 | 30 | 4,72 | 900 | 22,23 | 1930,1 | 1778,9 |
| 59 | D-14 | 36 | 4,72 | 1296 | 22,23 | 1962 | 1778,9 |
| 60 | D-15 | 42 | 4,72 | 1764 | 22,23 | 1993,9 | 1778,9 |
| 61 | E-1 | -42 | 8,02 | 1764 | 64,24 | 1547,7 | 1784,5 |
| 62 | E-2 | -36 | 8,02 | 1296 | 64,24 | 1579,6 | 1784,5 |
| 63 | E-3 | -30 | 8,02 | 900 | 64,24 | 1611,6 | 1784,5 |
| 64 | E-4 | -24 | 8,02 | 576 | 64,24 | 1643,3 | 1784,5 |
| 65 | E-5 | -18 | 8,02 | 324 | 64,24 | 1675,2 | 1784,5 |
| 66 | E-6 | -12 | 8,02 | 144 | 64,24 | 1707,1 | 1784,5 |
| 67 | E-7 | -6 | 8,02 | 36 | 64,24 | 1738,9 | 1784,5 |
| 68 | E-8 | 0 | 8,02 | 0 | 64,24 | 1770,8 | 1784,5 |
| 69 | E-9 | 6 | 8,02 | 36 | 64,24 | 1802,7 | 1784,5 |
| 70 | E-10 | 12 | 8,02 | 144 | 64,24 | 1834,5 | 1784,5 |
| 71 | E-11 | 18 | 8,02 | 324 | 64,24 | 1866,4 | 1784,5 |

| | | | | | | | |
|----------|------|----|------|-------|---------|----------|----------|
| 72 | E-12 | 24 | 8,02 | 576 | 64,24 | 1898,3 | 1784,5 |
| 73 | E-13 | 30 | 8,02 | 900 | 64,24 | 1930,1 | 1784,5 |
| 74 | E-14 | 36 | 8,02 | 1296 | 64,24 | 1962 | 1784,5 |
| 75 | E-15 | 42 | 8,02 | 1764 | 64,24 | 1993,9 | 1784,5 |
| Σ | | | | 50400 | 2563,74 | 132810,1 | 132810,1 |

- **Lantai 5**

$$\begin{aligned}
 M_x &= \text{Eksentrisitas } x \cdot F_4 \\
 &= 0,10 \text{ m} \cdot 171679,9161 \text{ kg} \\
 &= 17167,99161 \text{ kgm} \\
 M_y &= \text{Eksentrisitas } y \cdot F_4 \\
 &= 0,65 \text{ m} \cdot 171679,9161 \text{ kg} \\
 &= 111591,9455 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{ix} &= \frac{F_4}{n \text{ kolom}} + \frac{\text{Eksentrisitas } x \cdot x}{\Sigma(x^2)} \\
 F_{iy} &= \frac{F_4}{n \text{ kolom}} + \frac{\text{Eksentrisitas } y \cdot y}{\Sigma(y^2)}
 \end{aligned}$$

| N o | As | X | Y | (X) ² | (Y) ² | Fix | Fiy |
|--------|------|-----|-------|------------------|------------------|--------|--------|
| 1 | A-1 | -42 | -8,11 | 1764 | 65,77 | 2000,7 | 2271,1 |
| 2 | A-2 | -36 | -8,11 | 1296 | 65,77 | 2041,9 | 2271,1 |
| 3 | A-3 | -30 | -8,11 | 900 | 65,77 | 2083,1 | 2271,1 |
| 4 | A-4 | -24 | -8,11 | 576 | 65,77 | 2124,3 | 2271,1 |
| 5 | A-5 | -18 | -8,11 | 324 | 65,77 | 2165,5 | 2271,1 |
| 6 | A-6 | -12 | -8,11 | 144 | 65,77 | 2206,7 | 2271,1 |
| 7 | A-7 | -6 | -8,11 | 36 | 65,77 | 2247,9 | 2271,1 |
| 8 | A-8 | 0 | -8,11 | 0 | 65,77 | 2289,1 | 2271,1 |
| 9 | A-9 | 6 | -8,11 | 36 | 65,77 | 2330,3 | 2271,1 |
| 10 | A-10 | 12 | -8,11 | 144 | 65,77 | 2371,5 | 2271,1 |
| 11 | A-11 | 18 | -8,11 | 324 | 65,77 | 2412,6 | 2271,1 |

| | | | | | | | |
|----|------|-----|-------|------|-------|--------|--------|
| 12 | A-12 | 24 | -8,11 | 576 | 65,77 | 2453,8 | 2271,1 |
| 13 | A-13 | 30 | -8,11 | 900 | 65,77 | 2495 | 2271,1 |
| 14 | A-14 | 36 | -8,11 | 1296 | 65,77 | 2536,2 | 2271,1 |
| 15 | A-15 | 42 | -8,11 | 1764 | 65,77 | 2577,4 | 2271,1 |
| 16 | B-1 | -42 | -4,31 | 1764 | 18,58 | 2000,7 | 2279,5 |
| 17 | B-2 | -36 | -4,31 | 1296 | 18,58 | 2041,9 | 2279,5 |
| 18 | B-3 | -30 | -4,31 | 900 | 18,58 | 2083,1 | 2279,5 |
| 19 | B-4 | -24 | -4,31 | 576 | 18,58 | 2124,3 | 2279,5 |
| 20 | B-5 | -18 | -4,31 | 324 | 18,58 | 2165,5 | 2279,5 |
| 21 | B-6 | -12 | -4,31 | 144 | 18,58 | 2206,7 | 2279,5 |
| 22 | B-7 | -6 | -4,31 | 36 | 18,58 | 2247,9 | 2279,5 |
| 23 | B-8 | 0 | -4,31 | 0 | 18,58 | 2289,1 | 2279,5 |
| 24 | B-9 | 6 | -4,31 | 36 | 18,58 | 2330,3 | 2279,5 |
| 25 | B-10 | 12 | -4,31 | 144 | 18,58 | 2371,5 | 2279,5 |
| 26 | B-11 | 18 | -4,31 | 324 | 18,58 | 2412,6 | 2279,5 |
| 27 | B-12 | 24 | -4,31 | 576 | 18,58 | 2453,8 | 2279,5 |
| 28 | B-13 | 30 | -4,31 | 900 | 18,58 | 2495 | 2279,5 |
| 29 | B-14 | 36 | -4,31 | 1296 | 18,58 | 2536,2 | 2279,5 |
| 30 | B-15 | 42 | -4,31 | 1764 | 18,58 | 2577,4 | 2279,5 |
| 31 | C-1 | -42 | -0,31 | 1764 | 0,10 | 2000,7 | 2288,4 |
| 32 | C-2 | -36 | -0,31 | 1296 | 0,10 | 2041,9 | 2288,4 |
| 33 | C-3 | -30 | -0,31 | 900 | 0,10 | 2083,1 | 2288,4 |
| 34 | C-4 | -24 | -0,31 | 576 | 0,10 | 2124,3 | 2288,4 |
| 35 | C-5 | -18 | -0,31 | 324 | 0,10 | 2165,5 | 2288,4 |
| 36 | C-6 | -12 | -0,31 | 144 | 0,10 | 2206,7 | 2288,4 |
| 37 | C-7 | -6 | -0,31 | 36 | 0,10 | 2247,9 | 2288,4 |
| 38 | C-8 | 0 | -0,31 | 0 | 0,10 | 2289,1 | 2288,4 |
| 39 | C-9 | 6 | -0,31 | 36 | 0,10 | 2330,3 | 2288,4 |
| 40 | C-10 | 12 | -0,31 | 144 | 0,10 | 2371,5 | 2288,4 |

| | | | | | | | |
|----|------|-----|-------|------|-------|--------|--------|
| 41 | C-11 | 18 | -0,31 | 324 | 0,10 | 2412,6 | 2288,4 |
| 42 | C-12 | 24 | -0,31 | 576 | 0,10 | 2453,8 | 2288,4 |
| 43 | C-13 | 30 | -0,31 | 900 | 0,10 | 2495 | 2288,4 |
| 44 | C-14 | 36 | -0,31 | 1296 | 0,10 | 2536,2 | 2288,4 |
| 45 | C-15 | 42 | -0,31 | 1764 | 0,10 | 2577,4 | 2288,4 |
| 46 | D-1 | -42 | 4,72 | 1764 | 22,23 | 2000,7 | 2299,5 |
| 47 | D-2 | -36 | 4,72 | 1296 | 22,23 | 2041,9 | 2299,5 |
| 48 | D-3 | -30 | 4,72 | 900 | 22,23 | 2083,1 | 2299,5 |
| 49 | D-4 | -24 | 4,72 | 576 | 22,23 | 2124,3 | 2299,5 |
| 50 | D-5 | -18 | 4,72 | 324 | 22,23 | 2165,5 | 2299,5 |
| 51 | D-6 | -12 | 4,72 | 144 | 22,23 | 2206,7 | 2299,5 |
| 52 | D-7 | -6 | 4,72 | 36 | 22,23 | 2247,9 | 2299,5 |
| 53 | D-8 | 0 | 4,72 | 0 | 22,23 | 2289,1 | 2299,5 |
| 54 | D-9 | 6 | 4,72 | 36 | 22,23 | 2330,3 | 2299,5 |
| 55 | D-10 | 12 | 4,72 | 144 | 22,23 | 2371,5 | 2299,5 |
| 56 | D-11 | 18 | 4,72 | 324 | 22,23 | 2412,6 | 2299,5 |
| 57 | D-12 | 24 | 4,72 | 576 | 22,23 | 2453,8 | 2299,5 |
| 58 | D-13 | 30 | 4,72 | 900 | 22,23 | 2495 | 2299,5 |
| 59 | D-14 | 36 | 4,72 | 1296 | 22,23 | 2536,2 | 2299,5 |
| 60 | D-15 | 42 | 4,72 | 1764 | 22,23 | 2577,4 | 2299,5 |
| 61 | E-1 | -42 | 8,02 | 1764 | 64,24 | 2000,7 | 2306,8 |
| 62 | E-2 | -36 | 8,02 | 1296 | 64,24 | 2041,9 | 2306,8 |
| 63 | E-3 | -30 | 8,02 | 900 | 64,24 | 2083,1 | 2306,8 |
| 64 | E-4 | -24 | 8,02 | 576 | 64,24 | 2124,3 | 2306,8 |
| 65 | E-5 | -18 | 8,02 | 324 | 64,24 | 2165,5 | 2306,8 |
| 66 | E-6 | -12 | 8,02 | 144 | 64,24 | 2206,7 | 2306,8 |
| 67 | E-7 | -6 | 8,02 | 36 | 64,24 | 2247,9 | 2306,8 |
| 68 | E-8 | 0 | 8,02 | 0 | 64,24 | 2289,1 | 2306,8 |
| 69 | E-9 | 6 | 8,02 | 36 | 64,24 | 2330,3 | 2306,8 |

| | | | | | | | |
|----------|------|----|------|-------|---------|----------|----------|
| 70 | E-10 | 12 | 8,02 | 144 | 64,24 | 2371,5 | 2306,8 |
| 71 | E-11 | 18 | 8,02 | 324 | 64,24 | 2412,6 | 2306,8 |
| 72 | E-12 | 24 | 8,02 | 576 | 64,24 | 2453,8 | 2306,8 |
| 73 | E-13 | 30 | 8,02 | 900 | 64,24 | 2495 | 2306,8 |
| 74 | E-14 | 36 | 8,02 | 1296 | 64,24 | 2536,2 | 2306,8 |
| 75 | E-15 | 42 | 8,02 | 1764 | 64,24 | 2577,4 | 2306,8 |
| Σ | | | | 50400 | 2563,74 | 171679,9 | 171679,9 |

- **Lantai Atas**

$$\begin{aligned}
 M_x &= \text{Eksentrisitas } x \cdot F_5 \\
 &= 0,12 \text{ m} \cdot 164903,4723 \text{ kg} \\
 &= 19788,42 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_y &= \text{Eksentrisitas } y \cdot F_5 \\
 &= 0,61 \text{ m} \cdot 164903,4723 \text{ kg} \\
 &= 100591,12 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{ix} &= \frac{F_5}{n \text{ kolom}} + \frac{\text{Eksentrisitas } x \cdot x}{\Sigma(x^2)} \\
 F_{iy} &= \frac{F_5}{n \text{ kolom}} + \frac{\text{Eksentrisitas } y \cdot y}{\Sigma(y^2)}
 \end{aligned}$$

| N o | As | X | Y | (X) ² | (Y) ² | Fix | Fiy |
|--------|------|-----|-------|------------------|------------------|--------|--------|
| 1 | A-1 | -42 | -8,11 | 1764 | 65,77 | 1880,7 | 2182,5 |
| 2 | A-2 | -36 | -8,11 | 1296 | 65,77 | 1926,1 | 2182,5 |
| 3 | A-3 | -30 | -8,11 | 900 | 65,77 | 1971,6 | 2182,5 |
| 4 | A-4 | -24 | -8,11 | 576 | 65,77 | 2017 | 2182,5 |
| 5 | A-5 | -18 | -8,11 | 324 | 65,77 | 2062,4 | 2182,5 |
| 6 | A-6 | -12 | -8,11 | 144 | 65,77 | 2017,9 | 2182,5 |
| 7 | A-7 | -6 | -8,11 | 36 | 65,77 | 2153,3 | 2182,5 |
| 8 | A-8 | 0 | -8,11 | 0 | 65,77 | 2198,7 | 2182,5 |
| 9 | A-9 | 6 | -8,11 | 36 | 65,77 | 2244,1 | 2182,5 |
| 10 | A-10 | 12 | -8,11 | 144 | 65,77 | 2289,6 | 2182,5 |
| 11 | A-11 | 18 | -8,11 | 324 | 65,77 | 2335 | 2182,5 |

| | | | | | | | |
|----|------|-----|-------|------|-------|--------|--------|
| 12 | A-12 | 24 | -8,11 | 576 | 65,77 | 2380,4 | 2182,5 |
| 13 | A-13 | 30 | -8,11 | 900 | 65,77 | 2425,9 | 2182,5 |
| 14 | A-14 | 36 | -8,11 | 1296 | 65,77 | 2471,3 | 2182,5 |
| 15 | A-15 | 42 | -8,11 | 1764 | 65,77 | 2516,7 | 2182,5 |
| 16 | B-1 | -42 | -4,31 | 1764 | 18,58 | 1880,7 | 2190,1 |
| 17 | B-2 | -36 | -4,31 | 1296 | 18,58 | 1926,1 | 2190,1 |
| 18 | B-3 | -30 | -4,31 | 900 | 18,58 | 1971,6 | 2190,1 |
| 19 | B-4 | -24 | -4,31 | 576 | 18,58 | 2017 | 2190,1 |
| 20 | B-5 | -18 | -4,31 | 324 | 18,58 | 2062,4 | 2190,1 |
| 21 | B-6 | -12 | -4,31 | 144 | 18,58 | 2107,9 | 2190,1 |
| 22 | B-7 | -6 | -4,31 | 36 | 18,58 | 2153,3 | 2190,1 |
| 23 | B-8 | 0 | -4,31 | 0 | 18,58 | 2198,7 | 2190,1 |
| 24 | B-9 | 6 | -4,31 | 36 | 18,58 | 2244,1 | 2190,1 |
| 25 | B-10 | 12 | -4,31 | 144 | 18,58 | 2289,6 | 2190,1 |
| 26 | B-11 | 18 | -4,31 | 324 | 18,58 | 2335 | 2190,1 |
| 27 | B-12 | 24 | -4,31 | 576 | 18,58 | 2380,4 | 2190,1 |
| 28 | B-13 | 30 | -4,31 | 900 | 18,58 | 2425,9 | 2190,1 |
| 29 | B-14 | 36 | -4,31 | 1296 | 18,58 | 2471,3 | 2190,1 |
| 30 | B-15 | 42 | -4,31 | 1764 | 18,58 | 2516,7 | 2190,1 |
| 31 | C-1 | -42 | -0,31 | 1764 | 0,10 | 1880,7 | 2198,1 |
| 32 | C-2 | -36 | -0,31 | 1296 | 0,10 | 1926,1 | 2198,1 |
| 33 | C-3 | -30 | -0,31 | 900 | 0,10 | 1971,6 | 2198,1 |
| 34 | C-4 | -24 | -0,31 | 576 | 0,10 | 2017 | 2198,1 |
| 35 | C-5 | -18 | -0,31 | 324 | 0,10 | 2062,4 | 2198,1 |
| 36 | C-6 | -12 | -0,31 | 144 | 0,10 | 2107,9 | 2198,1 |
| 37 | C-7 | -6 | -0,31 | 36 | 0,10 | 2153,3 | 2198,1 |
| 38 | C-8 | 0 | -0,31 | 0 | 0,10 | 2198,7 | 2198,1 |
| 39 | C-9 | 6 | -0,31 | 36 | 0,10 | 2244,1 | 2198,1 |
| 40 | C-10 | 12 | -0,31 | 144 | 0,10 | 2289,6 | 2198,1 |

| | | | | | | | |
|----|------|-----|-------|------|-------|--------|--------|
| 41 | C-11 | 18 | -0,31 | 324 | 0,10 | 2335 | 2198,1 |
| 42 | C-12 | 24 | -0,31 | 576 | 0,10 | 2380,4 | 2198,1 |
| 43 | C-13 | 30 | -0,31 | 900 | 0,10 | 2425,9 | 2198,1 |
| 44 | C-14 | 36 | -0,31 | 1296 | 0,10 | 2471,3 | 2198,1 |
| 45 | C-15 | 42 | -0,31 | 1764 | 0,10 | 2156,7 | 2198,1 |
| 46 | D-1 | -42 | 4,72 | 1764 | 22,23 | 1880,7 | 2208,1 |
| 47 | D-2 | -36 | 4,72 | 1296 | 22,23 | 1926,1 | 2208,1 |
| 48 | D-3 | -30 | 4,72 | 900 | 22,23 | 2017 | 2208,1 |
| 49 | D-4 | -24 | 4,72 | 576 | 22,23 | 2062,4 | 2208,1 |
| 50 | D-5 | -18 | 4,72 | 324 | 22,23 | 2107,9 | 2208,1 |
| 51 | D-6 | -12 | 4,72 | 144 | 22,23 | 2153,3 | 2208,1 |
| 52 | D-7 | -6 | 4,72 | 36 | 22,23 | 2198,7 | 2208,1 |
| 53 | D-8 | 0 | 4,72 | 0 | 22,23 | 2244,1 | 2208,1 |
| 54 | D-9 | 6 | 4,72 | 36 | 22,23 | 2289,6 | 2208,1 |
| 55 | D-10 | 12 | 4,72 | 144 | 22,23 | 2335 | 2208,1 |
| 56 | D-11 | 18 | 4,72 | 324 | 22,23 | 2380,4 | 2208,1 |
| 57 | D-12 | 24 | 4,72 | 576 | 22,23 | 2425,9 | 2208,1 |
| 58 | D-13 | 30 | 4,72 | 900 | 22,23 | 2471,3 | 2208,1 |
| 59 | D-14 | 36 | 4,72 | 1296 | 22,23 | 2516,7 | 2208,1 |
| 60 | D-15 | 42 | 4,72 | 1764 | 22,23 | 1880,7 | 2208,1 |
| 61 | E-1 | -42 | 8,02 | 1764 | 64,24 | 1926,1 | 2214,7 |
| 62 | E-2 | -36 | 8,02 | 1296 | 64,24 | 1971,6 | 2214,7 |
| 63 | E-3 | -30 | 8,02 | 900 | 64,24 | 2017 | 2214,7 |
| 64 | E-4 | -24 | 8,02 | 576 | 64,24 | 2062,4 | 2214,7 |
| 65 | E-5 | -18 | 8,02 | 324 | 64,24 | 2107,9 | 2214,7 |
| 66 | E-6 | -12 | 8,02 | 144 | 64,24 | 2153,3 | 2214,7 |
| 67 | E-7 | -6 | 8,02 | 36 | 64,24 | 2198,7 | 2214,7 |
| 68 | E-8 | 0 | 8,02 | 0 | 64,24 | 2244,1 | 2214,7 |
| 69 | E-9 | 6 | 8,02 | 36 | 64,24 | 2289,6 | 2214,7 |

| | | | | | | | |
|----------|------|----|------|----------|---------|----------|----------|
| 70 | E-10 | 12 | 8,02 | 144 | 64,24 | 2335 | 2214,7 |
| 71 | E-11 | 18 | 8,02 | 324 | 64,24 | 2380,4 | 2214,7 |
| 72 | E-12 | 24 | 8,02 | 576 | 64,24 | 2380,4 | 2214,7 |
| 73 | E-13 | 30 | 8,02 | 900 | 64,24 | 2425,9 | 2214,7 |
| 74 | E-14 | 36 | 8,02 | 1296 | 64,24 | 2471,3 | 2214,7 |
| 75 | E-15 | 42 | 8,02 | 1764 | 64,24 | 2516,7 | 2214,7 |
| Σ | | | | 14232,98 | 2798,50 | 164903,5 | 164903,5 |

4.3 Analisis Struktur

4.3.1 Pemodelan Struktur

Dalam analisa struktur pada perencanaan struktur Gedung Kozko Citraland Surabaya menggunakan program bantu SAP 2000 versi 14.2.2

Penggunaan program bantu SAP 2000 dikarenakan untuk mempercepat dan mempermudah dalam memproses analisa struktur gedung. Sehingga mendapatkan hasil analisa struktur gedung dan kemudian dilanjutkan dalam proses perhitungan selanjutnya. Dimana komponen struktur dari gedung ada yang dimodelkan seperti balok, kolom, pelat, dan tangga, namun ada komponen struktur yang tidak dimodelkan yaitu sloof.

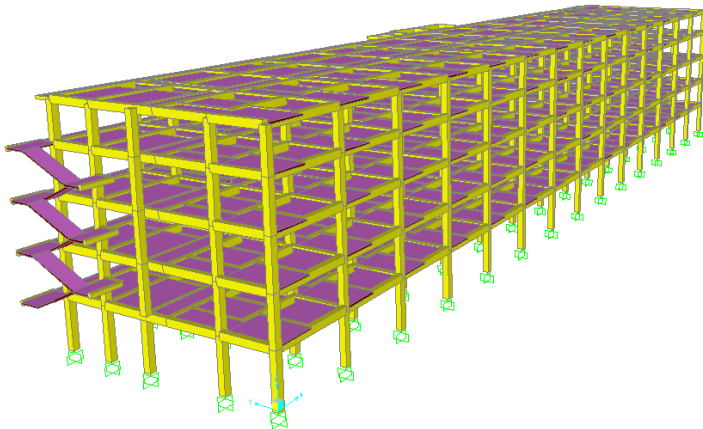
Pada program SAP 2000 diasumsikan menggunakan perletakan jepit pada dasar perletakan permodelan struktur gedung. Dan untuk perencanaan terhadap gempa akan digunakan analisa pembebanan gempa beban statik ekuivalen.

4.3.2 Pemodelan Komponen Struktur Tangga

Pemodelan struktur tangga dalam proyek ini menggunakan bantuan program analisa SAP 2000 dimana komponen struktur tangga ini dimasukkan

dalam pemodelan struktur utama. Adapun data – data pemodelan adalah sebagai berikut :

- a. Perletakan : Jepit – sendi – jepit
- b. Beban : Dead load (DL) dan Live load (LL)
- c. Kombinasi : $1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$
- d. Distribusi : (uniform shell load) untuk semua beban DL dan LL, besarnya sesuai dengan pembebanan tangga



Gambar 4.6 Pemodelan Struktur

4.3.3 Beban Rencana Struktur

Perencanaan struktur Gedung Kozko Citraland Surabaya didalam analisa SAP 2000 dibebani oleh beban rencana (load cases), antara lain :

1. Beban mati (DL atau Dead Load)
2. Beban hidup (LL atau Live Load)
3. Beban Angin (Wind Load)
4. Beban gempa (EQL atau Earth Quake Load)

4.4 Perhitungan Struktur Sekunder

4.4.1 Perhitungan Tulangan Pelat Lantai

Perhitungan pelat ditinjau pada perhitungan salah satu lantai dan ukuran pelat diambil dari tipe pelat yang ada.

Pada analisa perhitungan pelat yang ditinjau adalah pada pelat lantai 2 dengan tipe pelat S1 dengan ukuran 6 m x 1,8 m dan tipe pelat S2 dengan ukuran 4,675 m x 3,225 m dengan fungsi ruangan sebagai kos.

Beban ultimate rencana

$$\begin{aligned} q_{\text{ultimate}} &= 1,2 q_{D \text{ total}} + 1,6 q_L \\ &= (1,2 \cdot 606,1 \text{ kg/m}^2) + (1,6 \cdot 192 \text{ kg/m}^2) \\ &= 859,27 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan tulangan pelat lantai

a. Perhitungan Tulangan Pelat Lantai tipe S1

Data Perencanaan:

| | | |
|-----------------------------|---|-----------|
| Tipe Pelat | = S1 | |
| L_x | = 6 m | |
| L_y | = 1,8 m | |
| f_c' | = 30 Mpa | |
| f_y | = 400 Mpa | |
| β_1 | = 0,85 (<i>SNI 2847-2013, pasal 10.2.7.3</i>) | |
| b | = 1000 mm | = 1 m |
| h | = 120 mm | = 0,12 m |
| ρ_{susut} | = 0,0018 (<i>SNI 2847 - 2013, Pasal 7.12.2.1</i>) | |
| d_x | = 95 mm | = 0,095 m |
| d_y | = 87 mm | = 0,087 m |
| $\phi_{\text{tul. lentur}}$ | = 10 mm | = 0,010m |
| $\phi_{\text{tul. susut}}$ | = 8 mm | = 0,008 m |
| decking | = 20 mm | = 0,02 m |

Rasio sumbu panjang dan sumbu pendek bentang pelat :

$$\frac{Ly}{Lx} = \frac{6 \text{ m}}{1,8 \text{ m}} = 3,3 > 2 \text{ (One Way Slab)}$$

Momen- momen pada pelat:

Koefisien momen untuk pelat lantai 2 dengan ukuran 6 m x 1,8 m adalah :

$$Mu = \frac{1}{12} q \cdot l^2 \text{ (ujung bentang dianggap jepit)}$$

$$= \frac{1}{12} 859,27 \text{ kg/m}^2 \cdot (1,8 \text{ m})^2 = 232 \text{ kgm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2} = 15,69$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ N/mm}^2} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c' \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y}$$

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ N/mm}^2} \right)}{400 \text{ N/mm}^2}$$

$$= 0,033$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,033 = 0,024$$

Penulangan pada pelat

$$M_u = 232 \text{ kgm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{232 \text{ kgm}}{0,8}$$

$$= 2900025 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd_x^2} = \frac{2900025 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (95 \text{ mm})^2} \text{ mm}^2$$

$$= 0,33$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left(- \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 15,69 \times \left(0,33 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)} \right)$$

$$= 0,001$$

Cek persyaratan:

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 > 0,001 < 0,024 \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

$$\text{Maka } \rho \text{ dinaikkan } 30\% = 1,3 \times 0,001 = 0,0013$$

$$\text{Maka } A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,0035 \times 100 \text{ mm}^2 \times 95 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ perlu} = 329 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak spasi tulangan:

$$S_{max} \leq 2h$$

$$\leq 2 \times 120 \text{ mm}$$

$$\leq 240 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\phi 10$, sehingga jarak antar tulangan

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{329 \text{ mm}^2} \\ &= 238,72 \text{ mm} \end{aligned}$$

Karena $S < S_{max}$ maka digunakan $S_{pakai} = 200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{S} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}^2} \\ &= 392,70 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga, tulangan pakai = $\phi 10 - 200$

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ ada}$$

$$329 \text{ mm}^2 < 392,70 \text{ mm}^2 \quad (\text{Oke})$$

Tulangan Susut

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 400 dipakai $\rho_{susut} = 0,0018$.

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ susut perlu}} &= \rho_{\text{susut}} \times h \times b \\
 &= 0,0018 \times 120 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} \\
 &= 216 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$S_{\max} \leq 5h \text{ atau } S_{\max} \leq 450 \text{ mm}$$

(SNI 2847 Pasal 7.12.2.2)

$$S_{\max} = 5 \times 120 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan Ø8

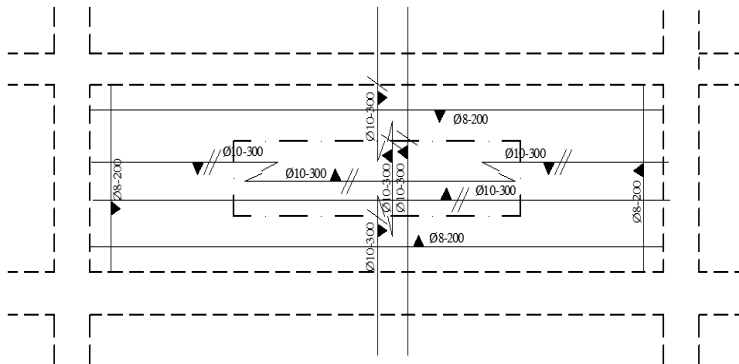
$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{s \text{ susut}}} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (8 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{216 \text{ mm}^2} \\
 &= 232,59 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S = 232,59 \text{ mm} < S_{\max} = 450 \text{ mm}$$

Maka $S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai Ø8 – 200 mm

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ pakai}} &= \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \pi (8 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \\
 &= 251,2 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ susut}} = 216 \text{ mm}^2 \\
 &\text{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.7 Penulangan pelat lantai tipe S1

b. Perhitungan Tulangan Pelat Lantai tipe S2

Data Perencanaan:

Tipe Pelat = S2

 $L_x = 3,225 \text{ m}$ $L_y = 4,675 \text{ m}$ $f_c' = 30 \text{ Mpa}$ $f_y = 400 \text{ Mpa}$ $\beta_1 = 0,85$ *(SNI 2847 - 2013 pasal 10.2.7.3)* $b = 1000 \text{ mm} = 1 \text{ m}$ $h = 120 \text{ mm} = 0,12 \text{ m}$ $\rho_{susut} = 0,0018$ *(SNI 2847 - 2013 Pasal 7.12.2.1)* $d_x = 95 \text{ mm} = 0,095 \text{ m}$ $\phi_{tul. \text{ lentur}} = 10 \text{ mm} = 0,01 \text{ m}$ $\phi_{tul. \text{ susut}} = 8 \text{ mm} = 0,008 \text{ m}$ $decking = 20 \text{ mm} = 0,02 \text{ m}$

Rasio sumbu panjang dan sumbu pendek bentang pelat :

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{4,675 \text{ m}}{3,225 \text{ m}} = 1,45 < 2 \text{ (Two Way Slab)}$$

Momen- momen yang terjadi pada pelat:

$$\text{Nilai koefisien } M_{lx} = 34$$

$$\text{Nilai koefisien } M_{ly} = 18$$

$$\text{Nilai koefisien } M_{tx} = 73$$

$$\text{Nilai koefisien } M_{ty} = 57$$

$$\begin{aligned} M_{Lapangan\ X} &= 0,001 \times q_{lx}^2 \times X \\ &= 0,001 \times 859,27 \text{ kg/m}^2 \times (3,225 \text{ m})^2 \times 34 \\ &= 303,85 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{Lapangan\ Y} &= 0,001 \times q_{ly}^2 \times X \\ &= 0,001 \times 859,27 \text{ kg/m}^2 \times (4,675 \text{ m})^2 \times 18 \\ &= 160,86 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{Tumpuan\ X} &= 0,001 \times q_{lx}^2 \times X \\ &= 0,001 \times 859,27 \text{ kg/m}^2 \times (3,225 \text{ m})^2 \times 73 \\ &= 652,39 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{Tumpuan\ Y} &= 0,001 \times q_{ly}^2 \times X \\ &= 0,001 \times 859,27 \text{ kg/m}^2 \times (4,675 \text{ m})^2 \times 57 \\ &= 509,40 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{040 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2} = 15,69$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ N/mm}^2} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2}{240 \text{ N/mm}^2} \left(\frac{600}{600 + 240 \text{ N/mm}^2} \right) \\ &= 0,033 \end{aligned}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,064 = 0,0484$$

Penulangan pada pelat

1.) Arah X

a. Tumpuan X

$$M_u = 652,39 \text{ kgm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{652,39 \text{ kgm}}{0,8}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{bd_x^2} = \frac{8154930 \text{ Nmm}}{1000\text{mm} \times (95\text{mm})^2} = 0,90 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right) \\
 &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 15,69 \times \left(0,90 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)} \right) \\
 &= 0,00230
 \end{aligned}$$

Cek persyaratan:

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 > 0,00230 < 0,024 \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

$$\text{Maka } \rho \text{ dinaikkan } 30\% = 1,3 \times 0,0023 = 0,003$$

$$\text{Maka } A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,0035 \times 100 \text{ mm}^2 \times 95 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ perlu} = 329 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak spasi tulangan:

$$\begin{aligned}
 S_{max} &\leq 2h \\
 &\leq 2 \times 120\text{mm} \\
 &\leq 240\text{mm}
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan $\phi 10$, sehingga jarak antar tulangan

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s \text{ perlu}} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{329 \text{ mm}^2} \\
 &= 238,72 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Karena $S < S_{max}$ maka digunakan $S_{pakai} = 200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pakai} &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{S} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}^2} \\
 &= 392,70 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Sehingga, tulangan pakai = $\emptyset 10 - 200$

$A_{s \text{ perlu}} < A_{s \text{ ada}}$

$$329 \text{ mm}^2 < 392,70 \text{ mm}^2 \quad (\text{Oke})$$

b. Lapangan X

$$M_u = 303,85 \text{ kgm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{303,85 \text{ kgm}}{0,8}$$

$$= 3798186,91 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd_x^2} = \frac{3798186,91 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (95 \text{ mm})^2} = 0,43 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 15,69 \times \left(0,43 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)} \right)$$

$$= 0,001084$$

Cek persyaratan:

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 > 0,001084 < 0,024 \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

$$\text{Maka } \rho \text{ dinaikkan } 30\% = 1,3 \times 0,001084 = 0,0014$$

$$\text{Maka } A_{s \text{ perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 0,0035 \times 100 \text{ mm}^2 \times 95 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 329 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak spasi tulangan:

$$S_{max} \leq 2h$$

$$\leq 2 \times 120 \text{ mm}$$

$$\leq 240 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\emptyset 10$, sehingga jarak antar tulangan

$$S = \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{s \text{ perlu}}}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{329 \text{ mm}^2}$$

$$= 238,72 \text{ mm}$$

Karena $S < S_{max}$ maka digunakan $S_{pakai} = 200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{S} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}^2} \\ &= 392,70 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga, tulangan pakai = $\emptyset 10 - 200$

$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ ada}$

$$329 \text{ mm}^2 < 392,70 \text{ mm}^2 \quad (\text{Oke})$$

2.) Arah Y

a. Tumpuan Y

$$M_u = 509,40 \text{ kgm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{509,40 \text{ kgm}}{0,8}$$

$$= 6367548,64 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d y^2} = \frac{6367548,64 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (95 \text{ mm})^2} = 0,72 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 15,69 \times \left(0,72 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)} \right)$$

$$= 0,001828$$

Cek persyaratan:

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 > 0,001828 < 0,024 \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

$$\text{Maka } \rho \text{ dinaikkan } 30\% = 1,3 \times 0,001828 = 0,002376$$

$$\text{Maka } A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,0035 \times 100 \text{ mm}^2 \times 95 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ perlu} = 329 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak spasi tulangan:

$$\begin{aligned} S_{max} &\leq 2h \\ &\leq 2 \times 120 \text{ mm} \\ &\leq 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai tulangan $\phi 10$, sehingga jarak antar tulangan

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{s \text{ perlu}}} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{329 \text{ mm}^2} \\ &= 238,72 \text{ mm} \end{aligned}$$

Karena $S < S_{max}$ maka digunakan $S_{pakai} = 200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pakai}} &= \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{S} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}^2} \\ &= 392,70 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga, tulangan pakai = $\phi 10 - 200$

$A_{s \text{ perlu}} < A_{s \text{ ada}}$

$$329 \text{ mm}^2 < 392,70 \text{ mm}^2 \quad (\text{Oke})$$

b. Lapangan Y

$$M_u = 160,86 \text{ kgm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{160,86 \text{ kgm}}{0,8} = 2010804,83 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d_x^2} = \frac{2010804,83 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (95 \text{ mm})^2} = 0,23 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 15,69 \times \left(0,23 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)} \right) \\ &= 0,0005 \end{aligned}$$

Cek persyaratan:

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 > 0,0005 < 0,024 \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

$$\text{Maka } \rho \text{ dinaikkan } 30\% = 1,3 \times 0,0005 = 0,0007$$

$$\text{Maka } A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,0035 \times 100 \text{ mm}^2 \times 95 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ perlu} = 329 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak spasi tulangan:

$$S_{max} \leq 2h$$

$$\leq 2 \times 120 \text{ mm}$$

$$\leq 240 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\phi 10$, sehingga jarak antar tulangan

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{329 \text{ mm}^2} \\ &= 238,72 \text{ mm} \end{aligned}$$

Karena $S < S_{max}$ maka digunakan $S_{pakai} = 200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{S} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}^2} \\ &= 392,70 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga, tulangan pakai = $\phi 10 - 200$

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ ada}$$

$$329 \text{ mm}^2 < 392,70 \text{ mm}^2 \quad (\text{Oke})$$

Tulangan Susut

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 400 dipakai $\rho_{susut} = 0,0018$

$$\begin{aligned} A_s \text{ susut perlu} &= \rho_{susut} \times h \times b \\ &= 0,0018 \times 120 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} \\ &= 216 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$S_{max} \leq 5h \text{ atau } S_{max} \leq 450 \text{ mm}$$

(SNI 2847 Pasal 7.12.2.2)

$$S_{max} = 5 \times 120 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\emptyset 8$

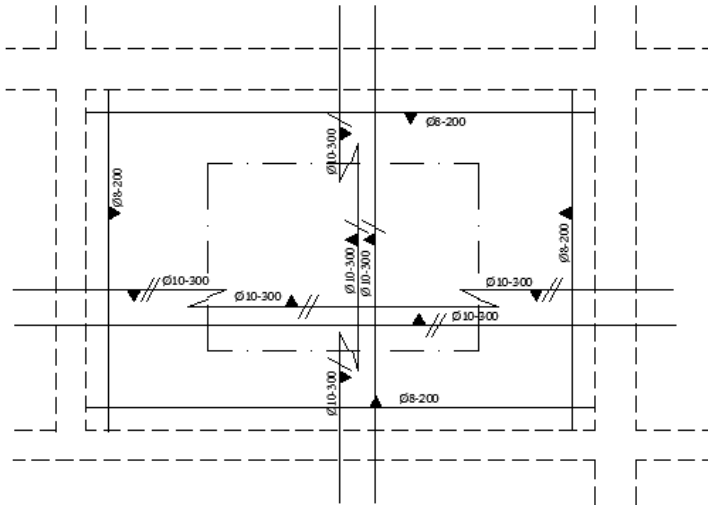
$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{s \text{ susut}}} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (8 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{216 \text{ mm}^2} \\ &= 232,59 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 232,59 \text{ mm} < S_{max} = 450 \text{ mm}$$

Maka $S_{pakai} = 200 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai $\emptyset 8 - 200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pakai}} &= \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{pakai}} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \pi (8 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \\ &= 251,2 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ susut}} = 216 \text{ mm}^2 \\ &\quad \text{(memenuhi)} \end{aligned}$$



Gambar 4.8 Penulangan pelat tipe S2

4.4.2 Perhitungan Pelat Tangga dan bordes

4.4.2.1 Perhitungan Tulangan Pelat Tangga

Dalam contoh perhitungan penulangan pelat tangga yang digunakan adalah tangga penghubung lantai 2 hingga lantai 4 pada bagian tangga lift. Adapun data - data, gambar denah tipe dan perhitungan penulangan pelat adalah sebagai berikut :

Data perencanaan :

| | |
|-----------------------|----------------|
| Tipe pelat | : Pelat Tangga |
| As pelat | : E'-F ; 8'-9' |
| Mutu beton (f_c') | : 30 Mpa |
| Mutu baja (f_y) | : 400 Mpa |
| Ø tulangan lentur | : 12 mm |
| Decking | : 20 mm |
| b | : 1000 mm |

$$\beta_1 : 0,85$$

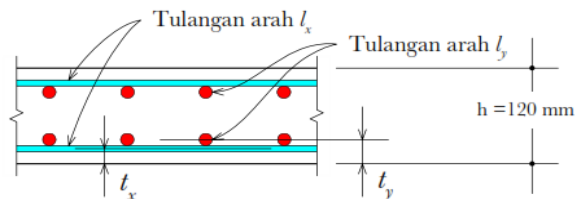
(SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.3)

$$\text{Faktor reduksi } (\phi) : 0,9$$

(SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.7)

$$\text{Tebal plat tangga } (t) : 120 \text{ mm}$$

-Tinggi Efektif Pelat



$$\begin{aligned} d_x &= t - \text{decking} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan}} \\ &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} 12 \text{ mm} \\ &= 94 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_y &= t - \text{decking} - \phi_{\text{tulangan}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan}} \\ &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 12 \text{ mm} - \frac{1}{2} 12 \text{ mm} \\ &= 82 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta \cdot f_c'}{f_y} \left[\frac{600}{600 + f_y} \right] \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30}{400} \left[\frac{600}{600 + 400} \right] \\ &= 0,0325 \end{aligned}$$

(SNI 2847-2013 pasal B.8.4.3)

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \rho_b \\ &= 0,0244 \end{aligned}$$

(SNI 2847-2013 pasal B.8.4.3)

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} \\ &= 15,69 \end{aligned}$$

- Penulangan pelat tangga arah X

$$M_{1l} = 26554800 \text{ Nmm}$$

$$M_u = 26554800 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{26554800 \text{ Nmm}}{0,9} = 29505333 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{29505333 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (94 \text{ mm})^2} = 3,34 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 3,34 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right) \\ &= 0,0090 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0090 < 0,0244 \text{ (OK)}$$

Maka dipakai ρ_{perlu}

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0090 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 94 \text{ mm} \\ &= 844,18 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan

$$\begin{aligned} S_{\max} &\leq 2 \cdot h \\ &\leq 2 \cdot 120 \text{ mm} \\ &\leq 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

(SNI 2847-2013 pasal 7.6.4)

Dipakai tulangan \emptyset 12, sehingga jarak antar tulangan

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{s_{\text{perlu}}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (12 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{844,18 \text{ mm}^2} \\ &= 133,905 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S < S_{\max}$$

$$133,905 \text{ mm} < 240 \text{ mm (OK)}$$

Dengan pembulatan kebawah, maka $S_{\text{pakai}} = 125 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai $\emptyset 12 - 125 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{s_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (12 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{125 \text{ mm}^2} \\ &= 904,32 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\min}} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} \cdot b \cdot d \\ &= \frac{0,25 \sqrt{30 \text{ Mpa}}}{400 \text{ Mpa}} \cdot 1000 \cdot 94 \text{ mm} \\ &= 521,79 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

(SNI 2847-2013, Pasal 10.5.1)

$$A_{S_{\min}} < A_{S_{\text{perlu}}} < A_{S_{\text{pakai}}}$$

$$521,79 \text{ mm}^2 < 884,18 \text{ mm}^2 < 904,32 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

- **Penulangan pelat tangga arah Y**

$$M_{22} = 22852600 \text{ Nmm}$$

$$M_u = 22852600 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{22852600 \text{ Nmm}}{0,9} \\ &= 25391777,78 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b d^2} = \frac{25391777,78 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (82 \text{ mm})^2} \\ &= 3,78 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 3,78 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right) \\ &= 0,0103 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0103 < 0,0244 \text{ (OK)}$$

Maka dipakai ρ_{perlu}

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0103 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 82 \text{ mm} \\ &= 842 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan

$$\begin{aligned} S_{\max} &\leq 2 \cdot h \\ &\leq 2 \cdot 120 \text{ mm} \\ &\leq 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

(SNI 2847-2013 pasal 7.6.4)

Dipakai tulangan $\emptyset 12$, sehingga jarak antar tulangan

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{S_{\text{perlu}}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (12 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{842 \text{ mm}^2} \\ &= 134,252 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S < S_{\max}$$

$$134,252 \text{ mm} < 240 \text{ mm (OK)}$$

Dengan pembulatan kebawah, maka $S_{\text{pakai}} = 125 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai $\emptyset 12$ – 125 mm

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (12 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{125 \text{ mm}^2} \\ &= 904,32 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\min}} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{0,25 \sqrt{30 \text{ Mpa}}}{400 \text{ Mpa}} \cdot 1000 \cdot 82 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$= 280,71 \text{ mm}^2$$

(SNI 2847-2013, Pasal 10.5.1)

$$A_{S_{\min}} < A_{S_{\text{perlu}}} < A_{S_{\text{pakai}}}$$

$$280,71 \text{ mm}^2 < 842 \text{ mm}^2 < 904,32 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Tulangan susut dan suhu

$$\text{Didapatkan } \rho_{\text{susut pakai}} = 0,0018$$

$$A_{S_{\text{susut perlu}}} = 0,0018 \cdot b \cdot h$$

$$= 0,0018 \cdot 1000 \cdot 120$$

$$= 216 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan Ø 8

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{A_{S_{\text{susut perlu}}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (8 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{216 \text{ mm}^2} \\ &= 232,71 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan

$$S_{\max} \leq 5 \cdot h$$

$$\leq 5 \cdot 120 \text{ mm}$$

$$\leq 600 \text{ mm}$$

(SNI 2847-2013 pasal 7.6.4)

$$S < S_{\max}$$

$$232,71 \text{ mm} < 600 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

Dengan pembulatan kebawah, maka $S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai Ø 8 – 200 mm

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (8 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}^2} \\ &= 251,33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{S_{\text{pakai}}} > A_{S_{\text{perlu}}}$$

$$251,33 \text{ mm}^2 > 216 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

4.4.2.2 Perhitungan Tulangan Pelat Bordes

Data perencanaan :

| | |
|-----------------------|----------------|
| Tipe pelat | : Pelat Bordes |
| Mutu beton (f_c') | : 30 Mpa |
| Mutu baja (f_y) | : 400 Mpa |
| Ø tulangan lentur | : 10 mm |
| Decking | : 20 mm |
| b | : 1000 mm |
| β_1 | : 0,85 |

(SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.3)

Faktor reduksi (ϕ) : 0,9

(SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.7(a))

Tebal plat bordes (t) : 120 mm

-Tinggi Efektif Pelat

$$\begin{aligned} d_x &= t - \text{decking} - \frac{1}{2} \text{Øtulangan} \\ &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} 10 \text{ mm} \\ &= 95 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_y &= t - \text{decking} - \text{Øtulangan} - \frac{1}{2} \text{Øtulangan} \\ &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} 10 \text{ mm} \\ &= 85 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \left[\frac{600}{600 + f_y} \right]$$

(SNI 2847-2013 pasal B.8.4.3)

$$\begin{aligned} &= \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 30}{400} \left[\frac{600}{600 + 400} \right] \\ &= 0,0325 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,0244$$

(SNI 2847-2013 pasal B.8.4.3)

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} \\ &= 15,69 \end{aligned}$$

- **Penulangan pelat bordes arah X**

$$M_{1l} = 22636900 \text{ Nmm}$$

$$M_u = 22636900 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{22636900 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$= 25152111 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{25152111 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (95 \text{ mm})^2}$$

$$= 2,79 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 2,79 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right)$$

$$= 0,0074$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0074 < 0,0244 \text{ (OK)}$$

Maka dipakai ρ_{perlu}

$$A_{\text{Sperlu}} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0074 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 95 \text{ mm}$$

$$= 702,66 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak spasi tulangan

$$S_{\max} \leq 2 \cdot h$$

$$\leq 2 \cdot 120 \text{ mm}$$

$$\leq 240 \text{ mm}$$

(SNI 2847-2013 pasal 7.6.4)

Dipakai tulangan $\emptyset 10$, sehingga jarak antar tulangan

$$S = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{\text{Sperlu}}}$$

$$= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{702,66 \text{ mm}^2}$$

$$= 111,718 \text{ mm}$$

$$S < S_{\max}$$

$$111,718 \text{ mm} < 240 \text{ mm (OK)}$$

Dengan pembulatan kebawah, maka $S_{\text{pakai}} = 100 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai $\emptyset 10\text{--}100 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{100 \text{ mm}^2} \\ &= 785 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\min}} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{0,25 \sqrt{30 \text{ Mpa}}}{400 \text{ Mpa}} \cdot 1000 \cdot 95 \text{ mm} \\ &= 525,21 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

(SNI 2847-2013, Pasal 10.5.1)

$$A_{S_{\min}} < A_{S_{\text{perlu}}} < A_{S_{\text{pakai}}}$$

$$525,21 \text{ mm}^2 < 702,66 \text{ mm}^2 < 785 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

- **Penulangan pelat bordes arah Y**

$$M_{22} = 11271000 \text{ Nmm}$$

$$M_u = 11271000 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\emptyset} = \frac{11271000 \text{ Nmm}}{0,9} \\ &= 12523333,33 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b d^2} = \frac{12523333,33 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (85 \text{ mm})^2} \\ &= 1,73 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 1,73 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right) \\ &= 0,0045 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0045 < 0,0244 \text{ (NOT OK)}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{Sperlu}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0045 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 85 \text{ mm} \\ &= 382 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan

$$\begin{aligned} S_{\max} &\leq 2 \cdot h \\ &\leq 2 \cdot 120 \text{ mm} \\ &\leq 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

(SNI 2847-2013 pasal 7.6.4)

Dipakai tulangan \emptyset 10, sehingga jarak antar tulangan

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{\text{Sperlu}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{382 \text{ mm}^2} \\ &= 205,50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S < S_{\max}$$

$$205,50 \text{ mm} < 240 \text{ mm (OK)}$$

Dengan pembulatan kebawah, maka $S_{\text{pakai}} = 200$ mm

Tulangan yang dipakai \emptyset 10 – 200 mm

$$\begin{aligned} A_{\text{Spakai}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}^2} \\ &= 392,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{\text{Smin}} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} \cdot b \cdot w \cdot d$$

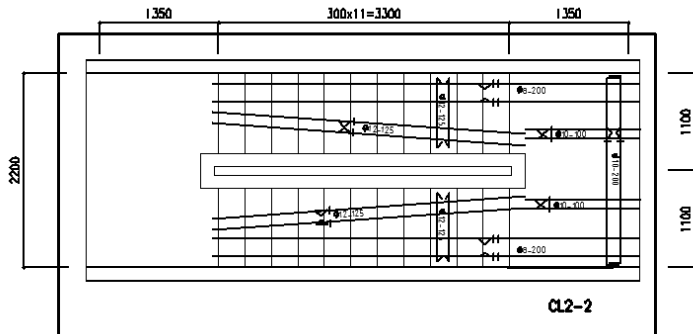
(SNI 2847-2013, Pasal 10.5.1)

$$\begin{aligned} &= \frac{0,25 \sqrt{30 \text{ Mpa}}}{400 \text{ Mpa}} \cdot 1000 \cdot 85 \text{ mm} \\ &= 290,98 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{Smin} < A_{Sperlu} < A_{Spakai}$$

$$290,98 \text{ mm}^2 < 382 \text{ mm}^2 < 392,5 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

- **Gambar penulangan tangga**



Gambar 4.9 Penulangan tangga

- **Rekapitulasi penulangan tangga**

Tabel 4.10 Rekapitulasi penulangan tangga

| Tipe | Arah X | | Susut Arah X | | Arah Y | | Susut Arah Y | |
|------------------------------|--------|-----|--------------|-----|--------|-----|--------------|-----|
| | Ø | s | Ø | S | Ø | S | Ø | s |
| | Mm | mm | Mm | Mm | mm | Mm | mm | mm |
| Pelat tangga lift lantai 2-4 | Ø12 | 125 | Ø 8 | 200 | Ø 12 | 125 | Ø 8 | 200 |
| Pelat bordes tangga lift | Ø 10 | 100 | Ø 8 | 200 | Ø 10 | 200 | - | - |

| | | | | | | | | |
|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Pelat tangga samping | Ø16 | 100 | Ø 8 | 200 | Ø16 | 150 | Ø 8 | 200 |
| Pelat bordes tangga samping | Ø19 | 125 | Ø 8 | 200 | Ø19 | 150 | - | - |

4.4.2.3 Perhitungan Tulangan Balok Bordes

Berikut akan dibahas contoh perhitungan penulangan balok bordes pada tangga lift (B3-B) elevasi +5,1. Adapun data – data, gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000, ketentuan perhitungan penulangan balok dengan metode SRPMM, perhitungan dan hasil akhir gambar penampang balok adalah sebagai berikut :

A. Data Perencanaan Balok :

Tipe balok : B3-B
 Bentang balok : 2200 mm
 Dimensi Balok (b balok) : 250 mm
 Dimensi Balok (h balok) : 300 mm
 Kuat Tekan Beton (f_c') : 30 N/mm^2
 Kuat Leleh Tul. Lentur (f_y) : 400 N/mm^2
 Kuat Leleh Tul. Geser (f_{yv}) : 240 N/mm^2
 Kuat Leleh Tul. Puntir (f_{yt}) : 240 N/mm^2
 Diameter Tulangan Lentur : D 16
 Diameter Tulangan Geser : Ø 10
 Diameter Tulangan Puntir : Ø 10
 Jarak Spasi Tul. Sejajar : 25 mm
 (SNI 2847:2013, Pasal 7.6.1)

Tebal selimut beton (t decking) : 40 mm
(SNI 2847:2013, Pasal 7.7.1 (c))

Faktor β_1 : 0,85
(SNI 2847:2013, Pasal 10.2.7 (3))

Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) : 0,9
(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(1))

Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) : 0,75
(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3))

Faktor reduksi kekuatan puntir (ϕ) : 0,75
(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3))

Maka perhitungan tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{decking} - \phi_{\text{tul. sengkang}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tul. lentur}} \\
 &= 300 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} 16 \text{ mm} \\
 &= 242 \text{ mm} \\
 d'' &= h - d \\
 &= 300 \text{ mm} - 242 \text{ mm} = 58 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

B. Perhitungan Tulangan

Dari analisa SAP 2000, maka didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam sehingga digunakan dalam proses perhitungan penulangan balok bordes.

Aadapun dalam pengambilan hasil ouput dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yaitu gaya yang ditinjau harus ditentukan dan digunakan akibat dari beberapa macam kombinasi pembebanan. Kombinasi pembebanan yang digunakan terdiri dari kombinasi beban gravitasi dan kombinasi beban gempa.

Untuk perhitungan tulangan balok maka diambil momen yang terbesar kombinasi pembebanan.

Hasil Output Torsi

Kombinasi : 1,2 D + 1L + 0,3 Ex + 1 Ey

Momen Puntir : 976 kg.m = 9760200 Nmm

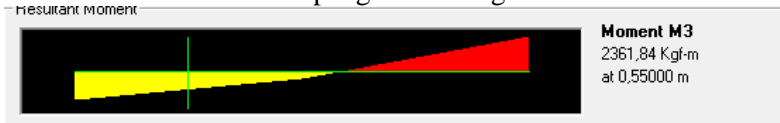


Gambar 4.10 Hasil output SAP 2000 gaya torsi

Hasil Output Diagram Momen Lentur

Kombinasi : 1,2 D + 1L + 0,3 Ex + 1 Ey

Momen lapangan: 2362 kgm = 23618400 Nmm



Gambar 4.11 Hasil output SAP 2000 momen lapangan balok

Kombinasi : 1,2 D + 1L + 0,3 Ex + 1 Ey

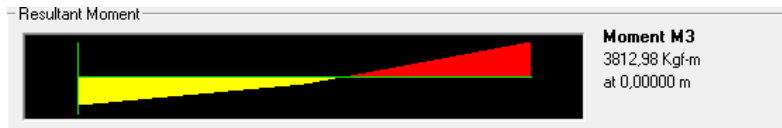
Momen Tumpuan kanan: 4859 kgm =
48592500 Nmm



Gambar 4.12 Hasil output SAP 2000 momen tumpuan kanan balok

Kombinasi : 1,2 D + 1L + 0,3 Ex + 1 Ey

Momen Tumpuan kiri: 3813 kgm = 38129800
Nmm



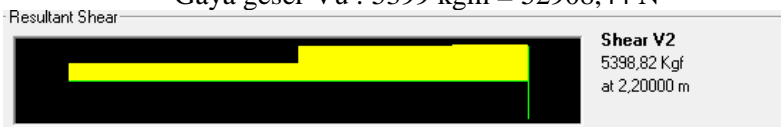
Gambar 4.13 Hasil output SAP 2000 momen tumpuan kiri balok

Hasil Output Diagram Gaya Geser

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat beban kombinasi 1,2 D + 1L + 0,3 Ex + 1 Ey didapatkan gaya geser terfaktor dengan Vu diambil berdasarkan SAP 2000

Kombinasi : 1,2 D + 1L + 0,3 Ex + 1 Ey

Gaya geser Vu : 5399 kgm = 52908,44 N



Gambar 4.14 Hasil output SAP 2000 gaya geser muka balok

- ❖ Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap geser, lentur dan puntir. Ukuran balok bordes yang dipakai 30cm x 40 cm

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok} \\ = 250 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} = 75000 \text{ mm}^2$$

Parimeter luar irisan penampang beton A_{cp}

$$P_{cp} = 2 \times (b_{balok} + h_{balok}) \\ = 2 \times (250\text{mm} + 300\text{mm}) = 1100 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi AS tulangan sengkang

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{balok} - 2 \times t_{decking} - 2\phi_{geser}) \\ &\quad \times (h_{balok} - 2 \times t_{decking} - 2\phi_{geser}) \\ &= (250\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm}) \\ &\quad \times (300\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm}) \\ &= 30000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi AS tulangan sengkang

$$\begin{aligned} P_{oh} &= 2 \times [(b_{balok} - 2 \times t_{decking} - 2\phi_{geser}) \\ &\quad + (h_{balok} - 2 \times t_{decking} - \phi_{geser})] \\ &= 2 \times [(250 - 2 \times 40 \text{ mm} - 2 \times 10\text{mm}) \\ &\quad + (300 \text{ mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm})] \\ &= 510 \text{ mm} \end{aligned}$$

B.1 Perhitungan Tulangan Puntir

Momen Puntir Ultimate

Akibat kombinasi :

$$T_u = 9760200 \text{ Nmm}$$

Momen Puntir Nominal

$$\begin{aligned} T_n &\geq \frac{T_u}{\phi} \quad (\text{SNI 2847:2013, Pasal 11.5.3.5}) \\ T_n &= \frac{9760200 \text{ Nmm}}{0,75} = 13013600 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor TZ_u besarnya kurang dari beberapa kondisi yakni:

$$T_{u_{min}} = 0,083\lambda\sqrt{f'c'}\left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}\right)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1 (a))

Maka :

$$\begin{aligned} T_{u_{min}} &= 0,75 \times 0,08 \\ &\times 1\sqrt{30\text{N/mm}^2}\left(\frac{(75000\text{mm}^2)^2}{1100\text{ mm}}\right) \\ &= 1743531,607\text{ Nmm} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimum T_u diambil sebesar

$$T_{u_{max}} = 0,33\lambda\sqrt{f'c'}\left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}\right)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.2.2 (a))

$$\begin{aligned} T_{u_{max}} &= 0,75 \times 0,33 \\ &\times 1\sqrt{30\text{N/mm}^2}\left(\frac{(75000\text{ mm}^2)^2}{1100\text{ mm}}\right) \\ &= 6932113,618\text{ Nmm} \end{aligned}$$

Cek Pengaruh Momen Puntir

$T_u < T_{u_{min}}$ maka tulangan puntir diabaikan

$T_u > T_{u_{min}}$ maka memerlukan tulangan puntir

Masuk pada kondisi

$$\begin{aligned} T_u &= 9760200\text{ Nmm} > T_{u_{min}} \\ &= 1743531,6\text{ Nmm} \end{aligned}$$

(Memerlukan tulangan puntir)

❖ Tulangan Puntir Untuk Lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan punter sesuai dengan (SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.7) direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times Ph \times \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \theta$$

Untuk beton prategang $\theta = 45^\circ$

Dengan A_t/s dihitung sesuai dengan (SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6) berasal dari persamaan berikut:

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt} \times \cot \theta}$$

Maka :

$$\frac{A_t}{s} = \frac{13013600 \text{ Nmm}}{2 \times 30000 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ Nmm} \times \cot 45}$$

$$\frac{A_t}{s} = 0,904 \text{ mm}$$

Sehingga Tulangan puntir untuk lentur :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times Ph \times \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \theta$$

$$A_l = 0,904 \text{ mm} \times 510 \text{ mm} \times \left(\frac{240 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \times \cot^2 45$$

$$A_l = 276,539$$

Sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.5.3 tulangan torsi longitudinal minimum harus diambil nilai dengan ketentuan :

$$\frac{A_t}{s} \geq \frac{0,175 \times B_w}{F_{yt}}$$

$$0,904 \text{ mm} \geq \frac{0,175 \times 250 \text{ mm}}{240 \text{ Nmm}}$$

$$0,904 \text{ mm} \geq 0,182 \text{ mm}$$

Maka nilai A_t/s diambil = 0.182 mm

Chek nilai A_l min dengan persamaan :

$$\left(\frac{0,42 \times \sqrt{f_c'} \times A_{cp}}{F_y} - \frac{A_t}{s} \right) \times Ph \times \frac{F_{yt}}{F_y}$$

Maka nilai A_{\min} :

$$\left(\frac{0,42 \times \sqrt{30 \text{ Mpa} \times 75000 \text{ mm}^2}}{400 \text{ Mpa}} - 0,18 \text{ mm} \right) \times 510 \text{ mm} \times \frac{240 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$A_{\min} = 205,411 \text{ mm}^2$$

Kontrol penggunaan A_l dengan 2 kondisi yakni

$A_{\text{perlu}} \leq A_{\min}$ Maka menggunakan A_{\min}

$A_{\text{perlu}} \geq A_{\min}$ Maka menggunakan A_{perlu}

Maka ;

$$\begin{array}{rcl} A_{\text{perlu}} & \geq & A_{\min} \\ 276,539 \text{ mm}^2 & \geq & 205,411 \text{ mm}^2 \end{array}$$

Sehingga yang digunakan nilai A_l perlu sebesar $276,539 \text{ mm}^2$

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok sehingga :

$$\frac{A_l}{4} = \frac{276,539 \text{ mm}^2}{4} = 69,135 \text{ mm}^2$$

Penyebaran pada penulangan torsi pada tulangan memanjang dibagi pada setiap sisinya :

- Pada sisi atas : disalurkan pada tulangan tarik balok
- Pada sisi bawah : disalurkan pada tulangan tekan balok

Untuk sisi samping balok mendapatkan tambahan luasan tulangan puntir sebesar $0,5 \times A_l$, sehingga A_l pada sisi samping balok adalah $138,270 \text{ mm}^2$ direncanakan tulangan diameter 10 mm maka jumlah tulangan puntirnya adalah :

$$n = \frac{A_l}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{138,270 \text{ mm}^2}{78,54 \text{ mm}^2}$$

$$n = 176 \approx 2 \text{ Buah}$$

Kontrol Al pasang > Al perlu

$$\begin{aligned} \text{Al pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{Luasan D puntir} \\ &= 2 \times (0,25 \times 22/7 \times (10 \text{ mm})^2) \\ &= 157 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka} &= \text{Al pasang} > \text{Al perlu} \\ &= 157 \text{ mm}^2 > 138 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

Sehingga tulangan puntir ditumpuan kiri, kanan dan lapangan dipasang sebesar **2 Ø 10**

B.2 Perhitungan Tulangan Lentur

Garis Netral Dalam Kondisi Balance

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{600}{600 + f_y} \times d \\ &= \frac{600}{600 + 400} \times 242 \text{ mm} = 145,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned} X_{max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 145,2 \text{ mm} \\ &= 108,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Minimum

$$\begin{aligned} X_{min} &= d' \\ &= 58 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Rencana (Asumsi)

$$X_{rencana} = 100 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana} \\ &= 0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 250 \text{ mm} \times 0,85 \times 100 \text{ mm} \\ &= 541875 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas Tulangan Lentur Gaya Tarik Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned}
 A_{sc} &= \frac{0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}}{f_y} \\
 &= \frac{0,85 \times 30 \frac{N}{mm^2} \times 250mm \times 0,85 \times 100mm}{400 \frac{N}{mm^2}} \\
 &= 1354,688 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_{rencana}}{2} \right) \\
 &= 1354,688 \text{ mm}^2 \times 400 \frac{N}{mm^2} \\
 &\quad \times \left(242 \text{ mm} - \frac{0,85 \times 100mm}{2} \right) \\
 &= 108104062,5 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Daerah Tumpuan Kanan

$$M_{u \text{ tumpuan}} = 48592500 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (Mn)

$$M_u = 48592500 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{48592500 \text{ Nmm}}{0.9}$$

$$M_n = 53991666,67 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ = maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 53991666,67 \text{ Nmm} - 108104062,5 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -54112395,83 \text{ Nmm}$$

Sehingga $M_{ns} \leq 0$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan, dan untuk analisa selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{53991666,67 \text{ Nmm}}{250\text{mm} \times (242\text{mm})^2} = 3,69 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (\text{SNI 2847:2013, Lampiran B.8.4.2})$$

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times \frac{30\text{N}}{\text{mm}^2}}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \left(\frac{600}{600 + 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right) = 0,0325$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0325 = 0,0244$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ N/mm}^2} = 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2} = 15,69$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 3,69}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}} \right) = 0,010$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max} \\ 0,0035 < 0,010 < 0,0244 \text{ (memenuhi)}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0,010 \times 250\text{mm} \times 242 \text{ mm} \\
 &= 605,256 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luasan tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \pi (16\text{mm})^2 \\
 &= 201 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang

Luasan tulangan perlu tarik+ luasan tambahan puntir longitudinal sisi atas balok (top)

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu}} &= A_s + \frac{A_l}{4} \\
 &= 605,256 \text{ mm}^2 + 66,3325 \text{ mm}^2 \\
 &= 674,391 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luasan tulangan lentur}} \\
 &= \frac{674,391 \text{ mm}^2}{201 \text{ mm}^2} \\
 &= 3,3585 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Luas tulangan lentur tarik pasang

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ pasang}} &= n \times \text{Luasan tulangan lentur} \\
 &= 4 \times 201 \text{ mm}^2 \\
 &= 803,84 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ pasang}} &= 803,84 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}} = \\
 &674,39 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu tekan + luasan tambahan puntir longitudinal sisi bawah balok (bottom). Karena memerlukan tulangan puntir, sehingga luasan tulangan lentur tekan bagian sisi bawah balok sesuai dengan ***SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1***, luasan tulangan

tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik
maka A_s' adalah :

$$A_s' = 0,3 \times A_s$$

$$A_s' = 0,3 \times 803,84 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 241,152 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah) yang direncanakan dengan diameter 16 mm :

$$n = \frac{A_s'}{\text{Luasan Tulangan Lentur}}$$

$$n = \frac{241,152 \text{ mm}^2}{201 \text{ mm}^2}$$

$$n = 1,2 \approx 2 \text{ buah}$$

Kontrol

$$A_s'_{\text{pasang}} = 401,92 \text{ mm}^2 > A_s'_{\text{perlu}} = 241,152 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat:

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

Direncanakan tulangan lentur tarik 1 lapis
4D16 dan tulangan tekan 1 lapis 2D16

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{250 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (4 \times 16 \text{ mm})}{4 - 1}$$

$$= 28,67 \text{ mm}$$

Syarat:

$$S_{maks} = 28,67 \text{ mm} \leq S_{sejajar} = 25$$

$$\rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset_{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 16\text{mm})}{2 - 1} \\
 &= 118\text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$S_{maks} = 118\text{ mm} \geq S_{sejajar} = 25\text{ mm}$$

→ susun 1 lapis

Maka dipasang tulangan lentur balok bordes untuk daerah tumpuan kanan

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 4D16

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2D16

Kontrol kemampuan penampang

$$A_{spakai} \text{ tulangan tarik } 4D16 = 803,84\text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{803,84\text{ mm}^2 \times 400\text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30\text{ N/mm}^2 \times 250\text{mm}} \\
 &= 50,437\text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn_{pasang} &= A_s \times F_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\
 &= 69022359,35\text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka,

$$\emptyset Mn_{pasang} \geq Mu_{perlu}$$

$$62120123,42\text{ Nmm} > 48592500\text{ Nmm}$$

(Memenuhi)

Daerah Tumpuan Kiri

$$M_{u \text{ tumpuan}} = 38129800\text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (M_n)

$$M_u = 38129800 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{38129800 \text{ Nmm}}{0.9}$$

$$M_n = 42366444,44 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ = maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 42366444,44 \text{ Nmm} - 108104062,5 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -65737618,06 \text{ Nmm}$$

Sehingga $M_{ns} \leq 0$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan, dan untuk analisa selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{42366444,44 \text{ Nmm}}{250 \text{ mm} \times (242 \text{ mm})^2}$$

$$= 2,89 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

(SNI 2847:2013, Lampiran B.8.4.2)

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times \frac{30 \text{ N}}{\text{mm}^2}}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \left(\frac{600}{600 + 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)$$

$$= 0,0325$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,0325 = 0,0244$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ N/mm}^2} = 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2} = 15,69$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 2,89}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}} \right)$$

$$= 0,0077$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,0077 < 0,0244 \text{ (memenuhi)}$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho_{pakai} \times b \times d$$

$$= 0,0077 \times 250 \text{ mm} \times 242 \text{ mm}$$

$$= 465,797 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luasan tulangan lentur} = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi (16 \text{ mm})^2$$

$$= 201 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang

Luasan tulangan perlu tarik+ luasan tambahan puntir longitudinal sisi atas balok (top)

$$A_{s \text{ perlu}} = A_s + \frac{A_l}{4}$$

$$= 465,797 \text{ mm}^2 + 66,3325 \text{ mm}^2$$

$$= 534,932 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luasan tulangan lentur}}$$

$$= \frac{534,932 \text{ mm}^2}{201 \text{ mm}^2}$$

$$= 2,66 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

Luas tulangan lentur tarik pasang

$$\begin{aligned} As_{\text{pasang}} &= n \times \text{Luasan tulangan lentur} \\ &= 4 \times 201 \text{ mm}^2 \\ &= 803,84 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol

$$As_{\text{pasang}} = 803,84 \text{ mm}^2 > As_{\text{perlu}} = 534,932 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})$$

Luasan tulangan perlu tekan+ luasan tambahan puntir longitudinal sisi bawah balok (bottom). Karena memerlukan tulangan puntir, sehingga luasan tulangan lentur tekan bagian sisi bawah balok sesuai dengan ***SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1***, luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik maka As' adalah :

$$As' = 0,3 \times As$$

$$As' = 0,3 \times 803,84 \text{ mm}^2$$

$$As' = 241,152 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah) yang direncanakan dengan diameter 16 mm :

$$\begin{aligned} n &= \frac{As'}{\text{Luasan Tulangan Lentur}} \\ n &= \frac{241,152 \text{ mm}^2}{210 \text{ mm}^2} \end{aligned}$$

$$n = 1,2 \approx 2 \text{ buah}$$

Kontrol

$$As'_{\text{pasang}} = 401,92 \text{ mm}^2 > As'_{\text{perlu}} = 241,152 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat:

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow$ susun 1 lapis
 Direncanakan tulangan lentur tarik 1 lapis
 4D16 dan tulangan tekan 1 lapis 2D16

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{250 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (4 \times 16 \text{ mm})}{4 - 1} \\
 &= 28,67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned}
 S_{maks} = 28,67 \text{ mm} &\leq S_{sejajar} = 25 \\
 &\rightarrow \text{susun 1 lapis}
 \end{aligned}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{250 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (2 \times 16 \text{ mm})}{2 - 1} \\
 &= 118 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned}
 S_{maks} = 118 \text{ mm} &\geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \\
 &\rightarrow \text{susun 1 lapis}
 \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok bordes untuk daerah tumpuan kiri

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 4D16

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2D16

Kontrol kemampuan penampang

$A_{spakai} \text{ tulangan tarik } 4D16 = 803,84 \text{ mm}^2$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{803,84 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 250 \text{ mm}} \\
 &= 50,437 \text{ mm} \\
 Mn \text{ pasang} &= As \times Fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\
 &= 128865677,2 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka,

$\phi Mn \text{ pasang} \geq Mu \text{ perlu}$

$115979109,5 \text{ Nmm} > 42366444 \text{ Nmm}$

(Memenuhi)

Daerah Lapangan

$M_u \text{ lapangan} = 23618400 \text{ Nmm}$

Momen lentur nominal (M_n)

$M_u = 23618400 \text{ Nmm}$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{23618400 \text{ Nmm}}{0.9}$$

$M_n = 26242666,67 \text{ Nmm}$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ = maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$M_{ns} = M_n - M_{nc}$

$M_{ns} = 26242666,67 \text{ Nmm} -$
 $108104062,5 \text{ Nmm}$

$M_{ns} = -81861395,83 \text{ Nmm}$

Sehingga $M_{ns} \leq 0$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan, dan untuk analisa selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{26242666,67 \text{ Nmm}}{250\text{mm} \times (242 \text{ mm})^2}$$

$$= 1,792 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times \frac{30\text{N}}{\text{mm}^2}}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \left(\frac{600}{600 + 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)$$

$$= 0,0325$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,0325 = 0,0244$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ N/mm}^2} = 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$= \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2} = 15,69$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 1,792}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}} \right)$$

$$= 0,0047$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,0047 < 0,0244 \text{ (memenuhi)}$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho_{pakai} \times b \times d$$

$$= 0,0047 \times 250\text{mm} \times 242 \text{ mm}$$

$$= 281,265 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luasan tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \pi (16 \text{ mm})^2 \\
 &= 201 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang

Luasan tulangan perlu tarik+ luasan tambahan puntir longitudinal sisi atas balok (top)

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu}} &= A_s + \frac{A_l}{4} \\
 &= 281,265 \text{ mm}^2 + 66,3325 \text{ mm}^2 \\
 &= 350,50 \text{ mm}^2 \\
 &\quad \text{As perlu}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{Luasan tulangan lentur}} \\
 &= \frac{350,50 \text{ mm}^2}{201 \text{ mm}^2} \\
 &= 1,74 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Luas tulangan lentur tarik pasang

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= n \times \text{Luasan tulangan lentur} \\
 &= 2 \times 201 \text{ mm}^2 \\
 &= 401,92 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= 401,92 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = \\
 &350,50 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu tekan + luasan tambahan puntir longitudinal sisi bawah balok (bottom). Karena memerlukan tulangan puntir, sehingga luasan tulangan lentur tekan bagian sisi bawah balok sesuai dengan ***SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1***, luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik maka As' adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{As}' &= 0,3 \times \text{As} \\
 \text{As}' &= 0,3 \times 401,92 \text{ mm}^2 \\
 \text{As}' &= 120,576 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah) yang direncanakan dengan diameter 16 mm :

$$n = \frac{As'}{\text{Luasan Tulangan Lentur}}$$

$$n = \frac{120,576 \text{ mm}^2}{201 \text{ mm}^2}$$

$$n = 0,6 \approx 2 \text{ buah}$$

Kontrol

$$As'_{\text{pasang}} = 401,92 \text{ mm}^2 > As'_{\text{perlu}} = 120,576 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat:

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

Direncanakan tulangan lentur tarik 1 lapis
2D16 dan tulangan tekan 1 lapis 2D16

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset_{\text{geser}}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{250 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (2 \times 16 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$= 118 \text{ mm}$$

Syarat:

$$S_{\text{maks}} = 118 \text{ mm} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset_{\text{geser}}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{250 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (2 \times 16 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$= 118 \text{ mm}$$

Syarat:

$$S_{maks} = 118 \text{ mm} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm}$$

→ susun 1 lapis

Maka dipasang tulangan lentur balok bordes untuk daerah tumpuan kanan

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 2D16

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2D16

Kontrol kemampuan penampang

$$A_{spakai} \text{ tulangan tarik } 2D16 = 401,92 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{401,92 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 250 \text{ mm}} \\ &= 25,22 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn \text{ pasang} &= As \times Fy \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 66460003,31 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka,

$$\phi Mn \text{ pasang} \geq Mu \text{ perlu}$$

$$59814002,87 \text{ Nmm} > 23618400 \text{ Nmm}$$

(Memenuhi)

Perhitungan Tulangan Geser

Data Perencanaan balok sebagai berikut:

| | |
|-------------------|-------------------------|
| f_c' | = 30 N/mm ² |
| f_y | = 240 N/mm ² |
| β_1 | = 0,85 |
| $\phi_{reduksi}$ | = 0,75 |
| Lebar | = 250 mm |
| Tinggi | = 300 mm |
| $\phi_{sengkang}$ | = 10 mm |

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat $1,2D + 1L + 0,3Ex + 1Ey$ dari analisa SAP 2000 didapatkan gaya geser terfaktor sebesar V_u pada tumpuan = 52908,436 N

Syarat kuat tekan beton (F_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 Mpa

(SNI 03-2847-2013, pasal 11.1.2)

$$\sqrt{f_c'} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{30 \text{ Mpa}} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$5,477 \text{ Mpa} < 8,3 \text{ Mpa} \text{ (memenuhi syarat SNI)}$$

Kuat Geser Beton

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1)

Dengan:

$\lambda = 1$, untuk beton normal

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= 0,17 \times 1 \times \sqrt{30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \times 250 \text{ mm} \times 244 \text{ mm}$$

$$= 56682,438 \text{ N}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times 250 \text{ mm} \times 242 \text{ mm}$$

$$= 20166,67 \text{ N}$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 250 \text{ mm} \times 242 \text{ mm}$$

$$= 110457,3824$$

$$\begin{aligned}
 2V_{s_{\max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= \frac{2}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 250 \text{ mm} \times 242 \text{ mm} \\
 &= 220914,76 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Pembagian Wilayah Geser Balok

Dalam perhitungan tulangan geser (sengkan) pada balok, wilayah balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

1. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang (*SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.2*)
2. Wilayah 2 (daerah lapangan), dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke ½ bentang balok.

Penulangan Geser Balok

a.) Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

$$V_{u1} = 52908,436 \text{ N}$$

Cek Kondisi:

Kondisi Geser 1

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq 0,5 \times \phi \times V_c \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan geser} \\
 52908,436 \text{ N} &\leq 21124,97 \text{ N} \quad (\text{Tidak memenuhi})
 \end{aligned}$$

Kondisi Geser 2

$$\begin{aligned}
 0,5 \times \phi \times V_c &\leq V_u \leq \phi \times V_c \rightarrow \text{Tulangan geser} \\
 &\text{minimum} \\
 21124,97 \text{ N} &\leq 52908,436 \text{ N} \leq \\
 42249,95 \text{ N} &(\text{Tidak memenuhi})
 \end{aligned}$$

Kondisi Geser 3

$$\begin{aligned}
 \phi \times V_c &\leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\min}}) \rightarrow \text{Tulangan} \\
 &\text{geser minimum} \\
 42249,95 \text{ N} &\leq 52908,436 \text{ N} \leq 57374,95 \text{ N} \\
 &(\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Kondisi Geser 4

$\emptyset(V_c + Vs_{min}) \leq V_u \leq \emptyset(V_c + Vs_{max}) \rightarrow$ Perlu tulangan geser

$$57374,95 \text{ N} \leq 52908,436 \text{ N} \leq 125092,99 \text{ N}$$

(tidak memenuhi)

Kondisi Geser 5

$\emptyset(V_c + Vs_{max}) \leq V_u \leq \emptyset(V_c + 2Vs_{max}) \rightarrow$ Perlu tulangan geser

$$93255,041 \text{ N} \leq 52908,436 \text{ N} \leq 207936,02 \text{ N}$$

(Tidak memenuhi)

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 3

$$\begin{aligned} \frac{Av \text{ min}}{S} &= \frac{bw}{3 \times fy} \\ &= \frac{250 \text{ mm}}{3 \times 240} \\ &= 0,35 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{Av \text{ perlu}}{S \text{ perlu}} &= \frac{2 At}{s} + \frac{Av}{S} \\ &= 2 \times 0,182 \text{ mm} + 0,35 \text{ mm} \\ &= 0,71 \text{ mm} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø 10mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser:

$$\begin{aligned} Av &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki} \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 2 \\ &= 157,14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (S_{perlu})

$$\begin{aligned} S_{perlu} &= \frac{Av \text{ perlu}}{0,71 \text{ mm}} \\ &= \frac{157,14 \text{ mm}^2}{0,71 \text{ mm}} \\ &= 221 \text{ mm, dipakai } 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 3

$$S_{max} \leq 600 \quad (\text{SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.2})$$

$$100 \text{ mm} \leq 600 \quad (\text{memenuhi})$$

$$S_{max} \leq \frac{d}{2}$$

$$100 \text{ mm} \leq 121 \quad (\text{memenuhi})$$

Sehingga dipakai tulangan geser $\emptyset 10 - 100 \text{ mm}$.

b.) Wilayah 2 Daerah (Lapangan)

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat $1,2D + 1L + 0,3Ex + 1Ey$ dari analisa SAP 2000 didapatkan gaya geser terfaktor sebesar V_u pada lapangan = 51744,196 N

Cek Kondisi:

Kondisi Geser 1

$$V_u \leq 0,5 \times \emptyset \times V_c \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan geser}$$

$$51744,196 \text{ N} \leq 21124,97 \text{ N} \quad (\text{tidak memenuhi})$$

Kondisi Geser 2

$$0,5 \times \emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset \times V_c \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$21124,97 \text{ N} \leq 51744,196 \text{ N} \leq 42249,95 \text{ N} \quad (\text{tidak memenuhi})$$

Kondisi Geser 3

$$\emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset(V_c + V_{s_{min}}) \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$42249,95 \text{ N} \leq 51744,196 \text{ N} \leq 57374,95 \text{ N} \quad (\text{memenuhi})$$

Kondisi Geser 4

$$\emptyset(V_c + V_{s_{min}}) \leq V_u \leq \emptyset(V_c + V_{s_{max}}) \rightarrow \text{Perlu tulangan geser}$$

$$57374,95 \text{ N} \leq 27538,392 \text{ N} \leq 125093 \text{ N} \quad (\text{tidak memenuhi})$$

Kondisi Geser 5

$\emptyset(V_c + Vs_{max}) \leq V_u \leq \emptyset(V_c + 2Vs_{max}) \rightarrow$ Perlu tulangan geser

$125093 \text{ N} \leq 27538,392 \text{ N} \leq 207936 \text{ N}$ (Tidak memenuhi)

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 3

$$\begin{aligned} \frac{Av \text{ min}}{S} &= \frac{bw}{3 \times fy} \\ &= \frac{250 \text{ mm}}{3 \times 240} \\ &= 0,35 \text{ mm} \\ \frac{Av \text{ perlu}}{S \text{ perlu}} &= \frac{2 At}{s} + \frac{Av}{S} \\ &= 2 \times 0,182 \text{ mm} + 0,35 \text{ mm} \\ &= 0,71 \text{ mm} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser $\emptyset 10\text{mm}$ dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser:

$$\begin{aligned} Av &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki} \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 2 \\ &= 157,14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (S_{perlu})

$$\begin{aligned} S_{perlu} &= \frac{Av \text{ perlu}}{0,71 \text{ mm}} \\ &= \frac{157,14 \text{ mm}^2}{0,71 \text{ mm}} \\ &= 221 \text{ mm, dipakai } 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 3

$$S_{max} \leq 600 \quad (\text{SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.2})$$

$$150 \text{ mm} \leq 600 \quad (\text{memenuhi})$$

$$S_{max} \leq \frac{d}{2}$$

$150 \text{ mm} \leq 121$ (tidak memenuhi)
 Sehingga dipakai tulangan geser $\emptyset 10 - 150 \text{ mm}$.

- **Rekapitulasi penulangan balok bordes**

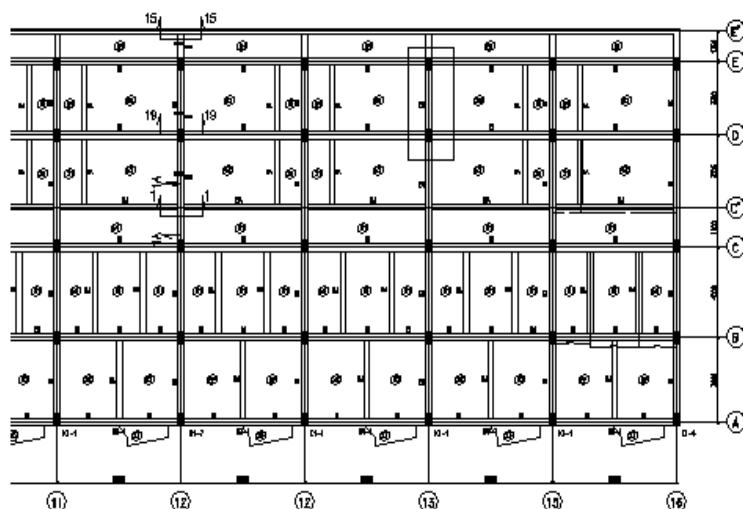
Tabel 4.11 Rekapitulasi penulangan balok bordes

| Tulangan | | Balok bordes tangga lift(B3-B) | Balok bordes tangga samping (B3-A) |
|----------|--------------|--------------------------------------|--|
| Puntir | Tumpuan kiri | $2\emptyset 10$ | $2\emptyset 10$ |
| Lentur | Tumpuan : | | |
| | Tarik | 4D16 | 2D16 |
| | Tekan | 2D16 | 2D16 |
| | Lapangan : | | |
| | Tarik | 2D16 | 2D16 |
| | Tekan | 2D16 | 2D16 |
| Geser | Tumpuan | $\emptyset 10$ -100 mm | $\emptyset 10$ -100 mm |
| | Lapangan | $\emptyset 10$ -150 mm | $\emptyset 10$ -150 mm |

4.5 Perhitungan Stuktur Primer

4.5.1 Perhitungan Tulangan Balok Induk

Perhitungan tulangan balok B1 (35×50) cm AS D 3 – E 3 pada elevasi $\pm 3,525 \text{ m}$. Berikut ini adalah data perencanaan balok berdasarkan gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000. Selanjutnya akan dihitung dengan metode SRPMM.



Gambar 4.15 Denah balok yang ditinjau pada lantai 1, tipe balok B1

Data Perencanaan Balok :

| | |
|-------------------------------------|------------------------|
| Tipe balok | : B1 |
| AS balok yang di tinjau | : 3[D-E] |
| Bentang balok | : 3300 mm |
| Dimensi Balok (b balok) | : 350 mm |
| Dimensi Balok (h balok) | : 500 mm |
| Kuat Tekan Beton (f_c') | : 30 N/mm^2 |
| Kuat Leleh Tul. Lentur (f_y) | : 400 N/mm^2 |
| Kuat Leleh Tul. Geser (f_{yv}) | : 240 N/mm^2 |
| Kuat Leleh Tul. Puntir (f_{yt}) | : 240 N/mm^2 |
| Diameter Tulangan Lentur | : D 19 |
| Diameter Tulangan Geser | : $\phi 10$ |
| Diameter Tulangan Puntir | : $\phi 10$ |

Jarak Spasi Tul. Sejajar : 25 mm

(SNI 2847:2013, Pasal 7.6.1)

Tebal selimut beton (t decking) : 40 mm

(SNI 2847:2013, Pasal 7.7.1 (c))

Faktor β_1 : 0,85

(SNI 2847:2013, Pasal 10.2.7 (3))

Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) : 0,9

(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(1))

Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) : 0,75

(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3))

Faktor reduksi kekuatan puntir (ϕ) : 0,75

(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3))

Maka perhitungan tinggi efektif balok :

$$d = h - \text{decking} - \phi_{\text{tul. sengkang}} -$$

$$\frac{1}{2} \phi_{\text{tul. lentur}}$$

$$= 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} 19 \text{ mm}$$

$$= 445,5 \text{ mm}$$

$$d' = h - d$$

$$= 500 \text{ mm} - 445,5 \text{ mm} = 54,5 \text{ mm}$$

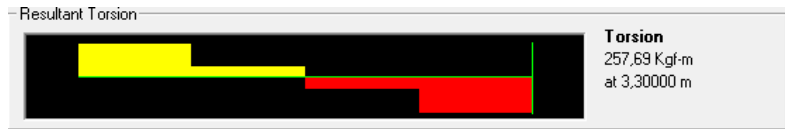
Perhitungan Tulangan

Dalam perhitungan balok didapatkan gaya dalam dan diagram gaya dari analisa program SAP 2000 yang memodelkan stuktur bangunan yang ditinjau. Pada hasil output analisa SAP 2000 digunakan data yang menunjukkan analisa gaya terbesar dari semua frame balok pada stuktur bangunan, sehingga didapatkan pada frame 429 pemodelan SAP 2000 dengan kombinasi pembebanan 1,2D+1L+0,3Ex+1Ey dan berikut adalah hasil output analisa dari program SAP 2000 :

Hasil Output Torsi

Kombinasi : 1,2D+1L+0,3Ex+1Ey

Momen Puntir : 257,7 kg.m = 2576900 Nmm

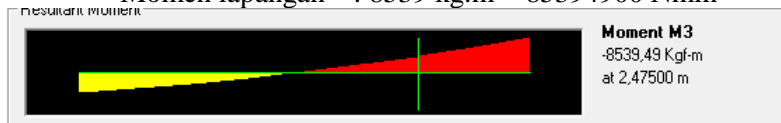


Gambar 4.16 Hasil output SAP 2000 gaya torsi

Hasil Output Diagram Momen Lentur

Kombinasi : 1,2D+1L+0,3Ex+1Ey

Momen lapangan : 8539 kg.m = 85394900 Nmm



Gambar 4.17 Hasil output SAP 2000 momen lapangan balok

Kombinasi : 1,2D+1L+0,3Ex+1Ey

Momen Tumpuan kanan : 18331 kg.m =
182207600 Nmm

Gambar 4.18 Hasil output SAP 2000 momen tumpuan kanan balok

Kombinasi : 1,2D+1L+0,3Ex+1Ey

Momen Tumpuan kiri : 9820 kg.m = 98197800
Nmm

Gambar 4.19 Hasil output SAP 2000 momen tumpuan kiri balok

Hasil Output Diagram Gaya Geser

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat beban kombinasi 1,2D+1L+0,3Ex+1Ey didapatkan gaya geser terfaktor dengan V_u diambil tepat dari muka kolom sejauh 50 mm dari as kolom berdasarkan (*SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.2*)

Kombinasi : 1,2D+1L+0,3Ex+1Ey

Gaya geser V_u : 11793 kg = 115568,068 N



Gambar 4.20 Hasil output SAP 2000 gaya geser muka balok

- ❖ Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap geser, lentur dan puntir. Ukuran balok yang dipakai 35cm x 50 cm

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok} \\ = 350mm \times 500mm = 175000 \text{ mm}^2$$

Parimeter luar irisan penampang beton A_{cp}

$$P_{cp} = 2 \times (b_{balok} + h_{balok}) \\ = 2 \times (350mm + 500mm) = 1700 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi AS tulangan sengkang

$$A_{oh} = (b_{balok} - 2 \times t_{decking} - 2\phi_{geser}) \\ \times (h_{balok} - 2 \times t_{decking} - 2\phi_{geser}) \\ = (350mm - 2 \times 40mm - 2 \times 10mm) \\ \times (500mm - 2 \times 40mm - 2 \times 10mm) \\ = 100000 \text{ mm}^2$$

Keliling penampang dibatasi AS tulangan sengkang

$$\begin{aligned}
 P_{oh} &= 2 \times [(b_{balok} - 2 \times t_{decking} - 2\phi_{geser}) \\
 &\quad + (h_{balok} - 2 \times t_{decking} - \phi_{geser})] \\
 &= 2 \times [(350 - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm}) \\
 &\quad + (500\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm})] \\
 &= 500 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Tulangan Puntir

Momen Puntir Ultimate

Akibat kombinasi: $1,2D + 1L + 0,3Ex + 1Ey$

$$T_u = 2576900 \text{ Nmm}$$

Momen Puntir Nominal

$$T_n \geq \frac{T_u}{\phi} \quad (\text{SNI 2847:2013, Pasal 11.5.3.5})$$

$$T_n = \frac{2576900 \text{ Nmm}}{0,75} = 3235866,67 \text{ Nmm}$$

Akibat kombinasi: $1,2D + 1L + 0,3Ex + 1Ey$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang dari beberapa kondisi yakni:

$$\begin{aligned}
 T_{u_{min}} &= \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &\quad (\text{SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1 (a)})
 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 T_{u_{min}} &= 0,75 \times 0,083 \\
 &\quad \times 1 \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \left(\frac{(175000 \text{ mm}^2)^2}{1700 \text{ mm}} \right) \\
 &= 6142245,335 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimum T_u diambil sebesar

$$T_{u_{max}} = 0,33\lambda\sqrt{f'c'}\left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}\right)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.2.2 (a))

Maka :

$$\begin{aligned} T_{u_{max}} &= 0,75 \times 0,33 \\ &\quad \times 1\sqrt{30\text{N/mm}^2}\left(\frac{(175000\text{ mm}^2)^2}{1700\text{ mm}}\right) \\ &= 24420975,43\text{ Nmm} \end{aligned}$$

Cek Pengaruh Momen Puntir

$T_u < T_{u_{min}}$ maka tulangan puntir diabaikan

$T_u > T_{u_{min}}$ maka memerlukan tulangan puntir

Masuk pada kondisi

$$T_u = 2576900\text{ Nmm} < T_{u_{min}} = 6142245,335\text{ Nmm}$$

(tidak memerlukan tulangan puntir)

Perhitungan Tulangan Lentur

Garis Netral Dalam Kondisi Balance

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{600}{600 + f_y} \times d \\ &= \frac{600}{600 + 400} \times 445,5\text{ mm} = 267,3\text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned} X_{max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 267,3\text{ mm} \\ &= 200,475\text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Minimum

$$\begin{aligned} X_{min} &= d' \\ &= 54,5\text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Rencana (Asumsi)

$$X_{rencana} = 150\text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$C_c' = 0,85 \times f'c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 350\text{mm} \times 0,85 \\
 &\quad \times 150\text{mm} \\
 &= 1137937,5 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Luas Tulangan Lentur Gaya Tarik Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned}
 Asc &= \frac{0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}}{f_y} \\
 &= \frac{0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 250\text{mm} \times 0,85 \times 150\text{mm}}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \\
 &= 2844,8438 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned}
 Mnc &= Asc \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_{rencana}}{2} \right) \\
 &= 2844,8438 \text{ mm}^2 \times 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \\
 &\quad \times \left(445,5 \text{ mm} - \frac{0,85 \times 150\text{mm}}{2} \right) \\
 &= 434407640,6 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Daerah Tumpuan Kanan

Diambil momen terbesar, akibat dari kombinasi:

$$1,2D + 1L + 0,3Ex + 1Ey$$

$$M_{u \text{ tumpuan}} = 183307600 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (M_n)

$$M_u = 183307600 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{183307600 \text{ Nmm}}{0.9}$$

$$M_n = 203675111,1 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

Mns > 0 = maka perlu tulangan lentur tekan

Mns ≤ 0 = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 203675111,1 \text{ Nmm} - 434407640,6 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -230732529,5 \text{ Nmm}$$

Sehingga $M_{ns} \leq 0$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan, dan untuk analisa selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{203675111,1 \text{ Nmm}}{350 \text{ mm} \times (445,5 \text{ mm})^2}$$

$$= 2,93 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

(SNI 2847:2013, Lampiran B.8.4.2)

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times \frac{30 \text{ N}}{\text{mm}^2}}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \left(\frac{600}{600 + 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)$$

$$= 0,0325$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

(SNI 2847:2013, Lampiran B.10.3.3)

$$= 0,75 \times 0,0325$$

$$= 0,0244$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$= 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{400 \frac{N}{mm^2}}{0,85 \times 30 \frac{N}{mm^2}} \\
 &= 15,69 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 2,93}{400 \frac{N}{mm^2}}} \right) \\
 &= 0,0078
 \end{aligned}$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,0078 < 0,024 \text{ (memenuhi)}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu}} &= \rho_{pakai} \times b \times d \\
 &= 0,0078 \times 350 \text{ mm} \times 445,5 \text{ mm} \\
 &= 1217,52 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luasan tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \pi (19 \text{ mm})^2 \\
 &= 283,4 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang

Luasan tulangan perlu tarik + luasan tambahan puntir longitudinal sisi atas balok (top)

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu}} &= A_s \\
 &= 1217,52 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luasan tulangan lentur}} \\
 &= \frac{1217,52 \text{ mm}^2}{283,4 \text{ mm}^2}
 \end{aligned}$$

$$= 4,30 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= n \times \text{Luasan tulangan lentur} \\
 &= 5 \times 283,4 \text{ mm}^2 \\
 &= 1416,925 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$As_{\text{pasang}} = 1416,925 \text{ mm}^2 > As_{\text{perlu}} = 1217,522 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})$$

Luasan tulangan perlu tekan + luasan tambahan puntir longitudinal sisi bawah balok (bottom). Karena memerlukan tulangan puntir, sehingga luasan tulangan lentur tekan bagian sisi bawah balok sesuai dengan **SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1**, luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik maka As' adalah :

$$As' = 0,3 \times As$$

$$As' = 0,3 \times 1416,925 \text{ mm}^2$$

$$As' = 425,0775 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah) yang direncanakan dengan diameter 16 mm :

$$n = \frac{As'}{\text{Luasan Tulangan Lentur}}$$

$$n = \frac{425,0775 \text{ mm}^2}{283,4 \text{ mm}^2}$$

$$n = 1,5 \approx 3 \text{ buah}$$

Kontrol

$$As'_{\text{pasang}} = 850,155 \text{ mm}^2 > As'_{\text{perlu}} = 425,0775 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

Direncanakan tulangan lentur tarik 1 lapis 5 D 19 dan tulangan tekan 1 lapis 3 D 19

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{350\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (5 \times 19\text{mm})}{5 - 1} \\
 &= 38,75 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$S_{maks} = 38,75 \text{ mm} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm}$$

→ susun 1 lapis

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{350\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (3 \times 19 \text{ mm})}{3 - 1} \\
 &= 96,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$S_{maks} = 96,5 \text{ mm} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok B1 (35/50) AS D3-E3 pada elevasi $\pm 3,525$ m untuk daerah tumpuan kanan bentang 3,3 m :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 5 D 19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 3 D 19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen

maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang:

$$\begin{aligned} A_{s_{pasang}} &= 5 \text{ D } 19 \\ &= 5 \times 0,25 \times 3,14 \times (19 \text{ mm})^2 \\ &= 1416,925 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s'_{pasang}} &= 3 \text{ D } 19 \\ &= 3 \times 0,25 \times 3,14 \times (19 \text{ mm})^2 \\ &= 850,155 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{lentur\ tumpuan}(+) &\geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-) \\ 850,155 \text{ mm}^2 &\geq \frac{1}{3} \times 1416,925 \text{ mm}^2 \\ 850,155 \text{ mm}^2 &\geq 472,308 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kanan, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 5 D 19

Tulangan tekan : 3 D 19

Kontrol kemampuan penampang

$$A_{s_{pakai\ tulangan\ tarik\ 5D19}} = 1416,925 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{1416,925 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 350 \text{ mm}} \\ &= 63,504 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times b \times f_c' \times a \\ &= 0,85 \times 350 \text{ mm} \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 63,50 \text{ mm} \\ &= 566770 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= As_{pakai} \times fy \\
 &= 1416,925 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 566770 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\
 &= \left(56670 \text{ N} \times \left(445,5 \text{ mm} - \frac{63,50 \text{ mm}}{2} \right) \right) \\
 &\quad + (566770 \text{ N} \\
 &\quad \times (445,5 \text{ mm} - 54,5 \text{ mm})) \\
 &= 456107125,6
 \end{aligned}$$

Mn pasang \geq Mu perlu

$$456107125,6 \text{ Nmm} > 203675111,1 \text{ Nmm}$$

(Memenuhi)

$$As_{pakai} \text{ tulangan tekan } 3D19 = 850,155 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{850,155 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 350 \text{ mm}} \\
 &= 38,102 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times b \times fc' \times a \\
 &= 0,85 \times 350 \text{ mm} \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 38,102 \text{ mm} \\
 &= 340062 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= As_{pakai} \times fy \\
 &= 850,155 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 340062 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d'))$$

$$\begin{aligned}
 &= \left(340062 \text{ N} \times \left(445,5 \text{ mm} - \frac{38,102 \text{ mm}}{2} \right) \right) \\
 &\quad + \left(340062 \text{ N} \right. \\
 &\quad \left. \times (445,5 \text{ mm} - 54,5 \text{ mm}) \right) \\
 &= 277983310,4 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka,

$$\theta M_{n\text{pasang}} > M_u$$

$$\begin{aligned}
 0,9 \times 277983310,4 \text{ Nmm} &> 203675111,1 \text{ Nmm} \\
 250184979,4 \text{ Nmm} &> 203675111,1 \text{ Nmm} \\
 (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Jadi, penulangan lentur untuk balok B1 (35/50) AS D3 - E3 pada elevasi $\pm 3,525$ m untuk daerah tumpuan kanan bentang 3,3 m adalah sebagai berikut:

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 5 D 19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 3 D 19

Daerah Tumpuan Kiri

Diambil momen terbesar, akibat dari kombinasi:

$$1,2 D + 1 L + 0,3 E_x + 1 E_y$$

$$M_{u \text{ tumpuan}} = 98197800 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (M_n)

$$M_u = 98197800 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{98197800 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 109108666,7 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ = maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 109108666,7 \text{ Nmm} - 434407640,6 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -325298974 \text{ Nmm}$$

Sehingga $M_{ns} \leq 0$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan, dan untuk analisa selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{19108666,7 \text{ Nmm}}{350 \text{ mm} \times (445,5 \text{ mm})^2}$$

$$= 1,57 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

(SNI 2847:2013, Lampiran B.8.4.2)

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times \frac{30 \text{ N}}{\text{mm}^2}}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \left(\frac{600}{600 + 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)$$

$$= 0,0325$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

(SNI 2847:2013, Lampiran B.10.3.3)

$$= 0,75 \times 0,0325$$

$$= 0,0244$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$= 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c}$$

$$= \frac{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$= 15,69$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 1,57}{400 \frac{N}{mm^2}}} \right) \\ &= 0,0041\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{min} &< \rho < \rho_{max} \\ 0,0035 &< 0,0041 < 0,024 \text{ (memenuhi)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{s \text{ perlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0041 \times 350 \text{ mm} \times 445,5 \text{ mm} \\ &= 632,40 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luasan tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi (19 \text{ mm})^2 \\ &= 283,4 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang

Luasan tulangan perlu tarik+ luasan tambahan puntir longitudinal sisi atas balok (top)

$$\begin{aligned}A_{s \text{ perlu}} &= A_s \\ &= 632,40 \text{ mm}^2 \\ n &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luasan tulangan lentur}} \\ &= \frac{632,40 \text{ mm}^2}{283,4 \text{ mm}^2} \\ &= 2,23 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_s \text{ pasang} &= n \times \text{Luasan tulangan lentur} \\ &= 5 \times 283,4 \text{ mm}^2 \\ &= 1416,925 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned}A_s \text{ pasang} &= 1416,925 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}} = \\ &632,40 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}\end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu tekan+ luasan tambahan puntir longitudinal sisi bawah balok (bottom). Karena memerlukan tulangan puntir, sehingga luasan tulangan lentur tekan bagian sisi bawah balok sesuai dengan ***SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1***, luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik maka A_s' adalah :

$$A_s' = 0,3 \times A_s$$

$$A_s' = 0,3 \times 1416,925 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 425,0775 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah) yang direncanakan dengan diameter 19 mm :

$$n = \frac{A_s'}{\text{Luasan Tulangan Lentur}}$$

$$n = \frac{425,0775 \text{ mm}^2}{283,4 \text{ mm}^2}$$

$$n = 1,25 \approx 2 \text{ buah}$$

Kontrol

$$A_s' \text{ pasang} = 850,155 \text{ mm}^2 > A_s' \text{ perlu} = 420,0775 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

Direncanakan tulangan lentur tarik 1 lapis 5 D 19 dan tulangan tekan 1 lapis 3 D 19

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{350\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (5 \times 19\text{mm})}{5 - 1}$$

$$= 38,75 \text{ mm}$$

Syarat:

$$S_{\text{maks}} = 38,75 \text{ mm} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm}$$

→ susun 1 lapis

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{350\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (3 \times 19 \text{ mm})}{3 - 1}$$

$$= 96,5 \text{ mm}$$

Syarat:

$$S_{\text{maks}} = 96,5 \text{ mm} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok B1 (35/50) AS D3-E3 pada elevasi $\pm 3,525 \text{ m}$ untuk daerah tumpuan kiri bentang 3,3 m :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 5 D 19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 3 D 19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentukumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentukumpuan}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang:

$$\begin{aligned} A_{spasang} &= 5 \text{ D } 19 \\ &= 5 \times 0,25 \times 3,14 \times (19 \text{ mm})^2 \\ &= 1416,925 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s'pasang} &= 3 \text{ D } 19 \\ &= 3 \times 0,25 \times 3,14 \times (19 \text{ mm})^2 \\ &= 850,155 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{lentukumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentukumpuan}(-)$$

$$850,155 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 1416,925 \text{ mm}^2$$

$$850,155 \text{ mm}^2 \geq 1416,925 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 5 D 19

Tulangan tekan : 3 D 19

Kontrol kemampuan penampang

$$A_{spakai} \text{ tulangan tarik } 5\text{D}19 = 1416,925 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{1416,925 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 350 \text{ mm}} \\ &= 63,504 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times b \times f_c' \times a \\ &= 0,85 \times 350 \text{ mm} \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 63,50 \text{ mm} \\ &= 566770 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= A_{spakai} \times f_y \\ &= 1416,925 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\ &= 566770 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\
 &= \left(566770 \text{ N} \times \left(445,5 \text{ mm} - \frac{63,50 \text{ mm}}{2} \right) \right) \\
 &\quad + (566770 \text{ N} \\
 &\quad \times (445,5 \text{ mm} - 54,5 \text{ mm})) \\
 &= 456107125,6 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka,

$Mn \text{ pasang} \geq Mu \text{ perlu}$

$456107125,6 \text{ Nmm} > 109108666,7 \text{ Nmm}$

(Memenuhi)

$As_{pakai} \text{ tulangan tekan } 3D19 = 850,155 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b} \\
 &= \frac{850,155 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 350 \text{ mm}} \\
 &= 38,102 \text{ mm} \\
 Cc' &= 0,85 \times b \times fc' \times a \\
 &= 0,85 \times 350 \text{ mm} \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 38,102 \text{ mm} \\
 &= 340062 \text{ N} \\
 Cs' &= As_{pakai} \times fy \\
 &= 850,155 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 340062 \text{ N} \\
 Mn &= \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\
 &= \left(340062 \text{ N} \times \left(445,5 \text{ mm} - \frac{38,102 \text{ mm}}{2} \right) \right) \\
 &\quad + (340062 \text{ N} \\
 &\quad \times (445,5 \text{ mm} - 54,5 \text{ mm}))
 \end{aligned}$$

$$= 277983310,4 \text{ Nmm}$$

Maka,

$$\theta M n_{\text{pasang}} > M u$$

$$0,9 \times 277983310,4 \text{ Nmm} > 109108666,7 \text{ Nmm}$$

$$250184979,4 \text{ Nmm} > 109108666,7 \text{ Nmm}$$

(memenuhi)

Jadi, penulangan lentur untuk balok B1 (35/50) AS D3-E3 pada elevasi $\pm 3,525$ m untuk daerah tumpuan kiri bentang 3,3 m adalah sebagai berikut:

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 5 D 19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 3 D 19

Daerah Lapangan

Diambil momen terbesar, akibat dari kombinasi:

$$1,2 D + 1 L + 0,3 E x + 1 E y$$

$$M_u \text{ lapangan} = 85394900 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (M_n)

$$M_u = 85394900 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{85394900 \text{ Nmm}}{0.9}$$

$$M_n = 94883222,22 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ = maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 94883222,22 \text{ Nmm} - 434407640,6 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -339524418,4 \text{ Nmm}$$

Sehingga $M_{ns} \leq 0$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan, dan untuk analisa selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{94883222,22 \text{ Nmm}}{350\text{mm} \times (445,5 \text{ mm})^2}$$

$$= 1,37 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

(SNI 2847:2013, Lampiran B.8.4.2)

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times \frac{30\text{N}}{\text{mm}^2}}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \left(\frac{600}{600 + 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)$$

$$= 0,0325$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

(SNI 2847:2013, Lampiran B.10.3.3)

$$= 0,75 \times 0,0325$$

$$= 0,0244$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$= 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$= \frac{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$= 15,69$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 1,37}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}} \right)$$

$$= 0,00351$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,00351 < 0,024 \text{ (memenuhi)}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu}} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,00351 \times 350 \text{ mm} \times 445,5 \text{ mm} \\
 &= 547,533 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luasan tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \pi (19 \text{ mm})^2 \\
 &= 283,4 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang

Luasan tulangan perlu tarik+ luasan tambahan puntir longitudinal sisi atas balok (top)

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu}} &= A_s \\
 &= 547,533 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luasan tulangan lentur}} \\
 &= \frac{547,533 \text{ mm}^2}{283,4 \text{ mm}^2} \\
 &= 1,93 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pasang} &= n \times \text{Luasan tulangan lentur} \\
 &= 2 \times 283,4 \text{ mm}^2 \\
 &= 566,77 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pasang} &= 566,77 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}} = \\
 &547,533 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu tekan+ luasan tambahan puntir longitudinal sisi bawah balok (bottom). Karena memerlukan tulangan puntir, sehingga luasan tulangan lentur tekan bagian sisi bawah balok sesuai dengan ***SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1***, luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik maka A_s' adalah :

$$\begin{aligned}
 A_s' &= 0,3 \times A_s \\
 A_s' &= 0,3 \times 566,77 \text{ mm}^2 \\
 A_s' &= 170,031 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah) yang direncanakan dengan diameter 19 mm :

$$n = \frac{As'}{\text{Luasan Tulangan Lentur}}$$

$$n = \frac{170,031 \text{ mm}^2}{283,4 \text{ mm}^2}$$

$$n = 0,60 \approx 2 \text{ buah}$$

Kontrol

$$As' \text{ pasang} = 566,77 \text{ mm}^2 > As' \text{ perlu} = 170,031 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

Direncanakan tulangan lentur tarik 1 lapis 2 D 19 dan tulangan tekan 1 lapis 2 D 19

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{350 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (2 \times 19 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$= 212 \text{ mm}$$

Syarat:

$$S_{maks} = 212 \text{ mm} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{350\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 19\text{mm})}{2 - 1}$$

$$= 212\text{ mm}$$

Syarat:

$$S_{maks} = 212\text{ mm} \geq S_{sejajar} = 25\text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok B1 (35/50) AS D3-E3 pada elevasi $\pm 3,525\text{ m}$ untuk daerah lapangan bentang 3,3 m :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 2 D 19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2 D 19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur\ tumpuan(+)} \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan(-)}$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang:

$$\begin{aligned} A_{spasang} &= 2\text{ D }19 \\ &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times (19\text{ mm})^2 \\ &= 566,77\text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s'pasang} &= 2\text{ D }19 \\ &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times (19\text{ mm})^2 \\ &= 566,77\text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\text{lentur tumpuan}(+) } &\geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)} \\
 566,77 \text{ mm}^2 &\geq \frac{1}{3} \times 566,77 \text{ mm}^2 \\
 566,77 \text{ mm}^2 &\geq 188,9 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Jadi, pada daerah lapangan, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 2 D 19

Tulangan tekan : 2 D 19

Kontrol kemampuan penampang

$$A_{s_{\text{pakai}} \text{ tulangan tarik 2 D 19}} = 566,77 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{566,77 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 350 \text{ mm}} \\
 &= 25,401 \text{ mm} \\
 Cc' &= 0,85 \times b \times f_c' \times a \\
 &= 0,85 \times 350 \text{ mm} \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 25,401 \text{ mm} \\
 &= 226708 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= A_{s_{\text{pakai}}} \times f_y \\
 &= 566,77 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 226708 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\
 &= \left(226708 \text{ N} \times \left(445,5 \text{ mm} - \frac{25,40 \text{ mm}}{2} \right) \right) \\
 &\quad + (226708 \text{ N} \times (445,5 \text{ mm} - 54,5 \text{ mm})) \\
 &= 186761885,3 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka,

$Mn \text{ pasang} \geq Mu \text{ perlu}$

$$186761885,3 \text{ Nmm} > 94883222,22 \text{ Nmm}$$

(Memenuhi)

$$A_{s_{pakai}} \text{ tulangan tekan } 2 \text{ D } 19 = 566,77 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$= \frac{566,77 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 350 \text{ mm}}$$

$$= 25,401 \text{ mm}$$

$$C_c' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$= 0,85 \times 350 \text{ mm} \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 25,401 \text{ mm}$$

$$= 226708 \text{ N}$$

$$C_s' = A_{s_{pakai}} \times f_y$$

$$= 566,77 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$= 226708 \text{ N}$$

$$M_n = \left(C_c' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + \left(C_s' \times (d - d') \right)$$

$$= \left(226708 \text{ N} \times \left(445,5 \text{ mm} - \frac{24,401 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$+ \left(226708 \text{ N} \times (445,5 \text{ mm} - 54,5 \text{ mm}) \right)$$

$$= 186761885,3 \text{ Nmm}$$

Maka,

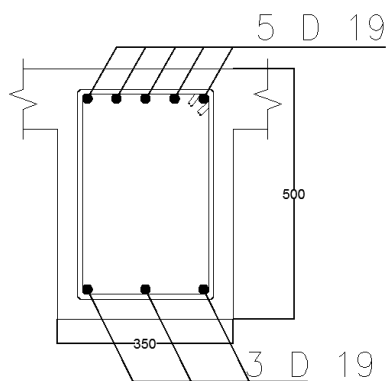
$$\theta M_{n_{pasang}} > M_u$$

$$0,9 \times 186761885,3 \text{ Nmm} > 94883222,22 \text{ Nmm}$$

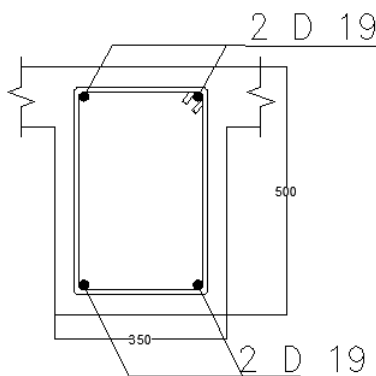
$$168085696,8 \text{ Nmm} > 94883222,22 \text{ Nmm}$$

(memenuhi)

Jadi, penulangan lentur untuk balok B1 (35/50) AS D3-E3 pada elevasi $\pm 3,525 \text{ m}$ untuk daerah lapangan bentang 3,3 m adalah sebagai berikut:
 Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 2 D 19
 Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2 D 19



Gambar 4.21 Kebutuhan tulangan tumpuan balok induk



Gambar 4.22 Kebutuhan tulangan lapangan balok induk

Perhitungan Tulangan Geser

Data Perencanaan balok sebagai berikut:

$$f_c' = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$f_y = 240 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\phi_{\text{reduksi}} = 0,75$$

$$\text{Lebar} = 350 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi} &= 500 \text{ mm} \\ \text{Øsenggang} &= 10 \text{ mm}\end{aligned}$$

- ❖ Dalam analisa perhitungan tulangan lentur didapatkan tulangan lentur tumpuan kanan dan kiri dengan luasan tulangan untuk mencari momen nominal kiri dan momen nominal kanan sebagai berikut :

➤ Tumpuan kanan

- As pakai tulangan tarik 5D19 = 1416,93 mm²
- As pakai tulangan tekan 3D19 = 850,15 mm²

$$\begin{aligned}a &= \frac{\text{As tul tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ a &= \frac{1416,93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}} \\ a &= 38,102 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Mn_R &= \text{As tul tarik} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ Mn_R &= 1416,93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \left(445,5 \text{ mm} - \frac{38,102 \text{ mm}}{2}\right)\end{aligned}$$

$$Mn_R = 145019068,4 \text{ Nmm}$$

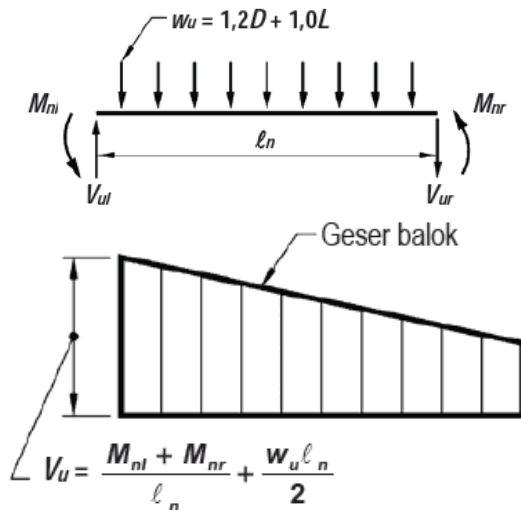
➤ Tumpuan kiri

- As pakai tulangan tarik 5 D 19 = 1416,925 mm²
- As pakai tulangan tekan 3 D 19 = 850,155 mm²

$$\begin{aligned}a &= \frac{\text{As tul tekan} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ a &= \frac{850,155 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}} \\ a &= 22,861 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$Mn_L = \text{As tul lentur} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn_L = 850,155 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N} \\ / \text{mm}^2 \times (445,5 \text{ mm} \\ - \frac{22,861 \text{ mm}}{2}) \\ Mn_L = 88566293,67 \text{ Nmm}$$



Gambar 4.23 Perencanaan Geser untuk Balok SRPMM

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat kombinasi $1,2D + 1L + 0,3Ex + 1Ey$ dari analisa SAP 2000 didapatkan gaya geser terfaktor sebesar $V_u = 115568,068 \text{ N}$

Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.3.1 (a))

Dimana:

V_{u1} : gaya geser pada muka perletakan

M_{nl} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)

M_{nr} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)

l_n : panjang balok bersih

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

$$= \frac{145019068,4 \text{ Nmm} + 88566293,67 \text{ Nmm}}{3300 \text{ mm}} + 115568,068 \text{ N}$$

$$= 186351,5111 \text{ N}$$

Syarat kuat tekan beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3

Mpa (**SNI 03-2847-2013, pasal 11.1.2**)

$$\sqrt{f_c'} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{30 \text{ Mpa}} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$5,477 \text{ Mpa} < 8,3 \text{ Mpa} \text{ (memenuhi syarat SNI)}$$

Kuat Geser Beton

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

(**SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1**)

Dengan:

$\lambda = 1$, untuk beton normal

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= 0,17 \times 1 \times \sqrt{30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \times 350 \text{ mm} \times 445,5 \text{ mm}$$

$$= 145186,1876 \text{ N}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times 350 \text{ mm} \times 445,5 \text{ mm}$$

$$= 51975 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 V_{s_{\max}} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 350 \text{ mm} \times 445,5 \text{ mm} \\
 &= 284678,7993 \text{ N} \\
 2V_{s_{\max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= \frac{2}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 350 \text{ mm} \times 445,5 \text{ mm} \\
 &= 569357,5895 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Pembagian Wilayah Geser Balok

Dalam perhitungan tulangan geser (sejangkang) pada balok, wilayah balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

1. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang (*SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.2*)
2. Wilayah 2 (daerah lapangan), dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke $\frac{1}{2}$ bentang balok.

Penulangan Geser Balok

a.) Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

$$V_{u1} = 115568,068 \text{ N}$$

Cek Kondisi:

Kondisi Geser 1

$$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan geser}$$

$$186351,5111 \text{ N} \leq 54444,80236 \text{ N}$$

(Tidak memenuhi)

Kondisi Geser 2

$$0,5 \times \phi \times V_u \leq \phi \times V_c \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$54444,8023 \text{ N} \leq 186351,5111 \text{ N} \leq$$

$$100889,6 \text{ N (tidak memenuhi)}$$

Kondisi Geser 3

$$\emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset(V_c + V_{s_{min}}) \quad \rightarrow$$

Tulangan geser minimum

$$100889,6 \text{ N} \leq 186351,5111 \text{ N} \leq$$

$$147870,9 \text{ N} \text{ (tidak memenuhi)}$$

Kondisi Geser 4

$$\emptyset(V_c + V_{s_{min}}) \leq V_u \leq \emptyset(V_c + V_{s_{max}})$$

→ Perlu tulangan geser

$$147870,9 \text{ N} \leq 186351,5111 \text{ N} \leq$$

$$322398,7 \text{ N} \quad (\text{memenuhi})$$

Kondisi Geser 5

$$\emptyset(V_c + V_{s_{max}}) \leq V_u \leq \emptyset(V_c + 2V_{s_{max}})$$

→ Perlu tulangan geser

$$322398,7 \text{ N} \leq 186351,5111 \text{ N} \leq$$

$$535907,8 \text{ N} \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 4.

$$V_{s_{perlu}} = V_u - \emptyset V_c$$

$$= 115568,068 \text{ N} - 0,75 \times 145186,19 \text{ N}$$

$$= 77461,87033 \text{ N}$$

$$\frac{Av}{S} = \frac{v_s}{f_y \times d}$$

$$= \frac{77461,87033 \text{ N}}{3 \times 240 \text{ Mpa}}$$

$$= 0,724 \text{ mm}$$

$$\frac{Av_{perlu}}{S_{perlu}} = \frac{2 A_t}{s} + \frac{Av}{S}$$

$$= 0,724 \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser \emptyset 10mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser:

$$Av = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 2$$

$$= 157,14 \text{ mm}^2$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (S_{perlu})

$$S_{perlu} = \frac{Av \text{ perlu}}{0,724 \text{ mm}}$$

$$= \frac{157,14 \text{ mm}^2}{0,724 \text{ mm}}$$

$$= 216,7 \text{ mm, dipakai } 100 \text{ mm}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 2

$$S_{max} \leq 600 \quad (\text{SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.2})$$

$$100 \text{ mm} \leq 600 \quad (\text{memenuhi})$$

$$S_{max} \leq \frac{d}{2}$$

$$100 \text{ mm} \leq 222,8 \quad (\text{memenuhi})$$

Sehingga dipakai tulangan geser $\emptyset 10 - 100 \text{ mm}$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan. Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi

- $d/4$
- Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- 24 kali diameter sengkang
- 300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan

- a. $S_{pakai} < d/4$
 $100 \text{ mm} < 111,8 \text{ mm}$ (memenuhi persyaratan)
- b. $S_{pakai} < 8 \times D \text{ lentur}$
 $100 \text{ mm} < 128 \text{ mm}$ (memenuhi persyaratan)
- c. $S_{pakai} < 24 \times D \text{ sengkang}$
 $100 \text{ mm} < 240 \text{ mm}$ (memenuhi persyaratan)
- d. $S_{pakai} < 300 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$ (memenuhi persyaratan)

b.) Wilayah 2 Daerah (Lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 daerah lapangan diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segetiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{V_{u2}}{0,5L_n - 2h} &= \frac{V_{u1}}{0,5L_n} \\ V_{u2} &= \frac{V_{u1} \times (0,5L_n + 2h)}{0,5L_n} \\ &= \frac{186351,5111 \text{ N} \times (0,5 \times 3300 \text{ mm} - (2 \times 500 \text{ mm}))}{0,5 \times 3300 \text{ mm}} \\ &= 73411,20132 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek Kondisi:

Kondisi Geser 1

$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c \rightarrow$ Tidak perlu tulangan geser

$73411,20132 \text{ N} \leq 54444,82036 \text{ N}$ (tidak memenuhi)

Kondisi Geser 2

$0,5 \times \emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset \times V_c \rightarrow$ Tulangan geser minimum

$54444,82036 \text{ N} \leq 73411,20132 \text{ N} \leq 108889,6 \text{ N}$ (memenuhi)

Kondisi Geser 3

$\emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset(V_c + V_{s_{min}}) \rightarrow$

Tulangan geser minimum

$108889,6 \text{ N} \leq 73411,20132 \text{ N} \leq$

$147870,9 \text{ N}$ (tidak memenuhi)

Kondisi Geser 4

$\emptyset(V_c + V_{s_{min}}) \leq V_u \leq \emptyset(V_c + V_{s_{max}})$

\rightarrow Perlu tulangan geser

$147870,9 \text{ N} \leq 73411,20132 \text{ N} \leq$

$322398,7 \text{ N}$ (tidak memenuhi)

Kondisi Geser 5

$\emptyset(V_c + V_{s_{max}}) \leq V_u \leq \emptyset(V_c + 2V_{s_{max}})$

\rightarrow Perlu tulangan geser

$322398,7 \text{ N} \leq 73411,20132 \text{ N} \leq$

$535907,8 \text{ N}$ (Tidak memenuhi)

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 2

$$\begin{aligned} \frac{A_v \text{ min}}{S} &= \frac{bw}{3 \times f_y} \\ &= \frac{350 \text{ mm}}{3 \times 240} \\ &= 0,486 \text{ mm} \\ \frac{A_v \text{ perlu}}{S \text{ perlu}} &= \frac{2 A_t}{s} + \frac{A_v}{S} \\ &= 0,486 \text{ mm} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser \emptyset 10mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser:

$$\begin{aligned}
 Av &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki} \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 2 \\
 &= 157,14 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (S_{perlu})

$$\begin{aligned}
 S_{perlu} &= \frac{Av \text{ perlu}}{0,71 \text{ mm}} \\
 &= \frac{157,14 \text{ mm}^2}{0,486 \text{ mm}} \\
 &= 323 \text{ mm, dipakai } 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 2

$$S_{max} \leq 600 \quad (\text{SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.2})$$

$$200 \text{ mm} \leq 600 \quad (\text{memenuhi})$$

$$S_{max} \leq \frac{d}{2}$$

$$200 \text{ mm} \leq 445,5 \quad (\text{memenuhi})$$

Sehingga dipakai tulangan geser $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$.

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi

- Sengkang harus dispasikan tidak lebih dari $d/2$ sepanjang panjang balok (lapangan)

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(3))

Cek persyaratan

- $S_{pakai} < d/2$
 $200 \text{ mm} < 223,5 \text{ mm}$ (memenuhi persyaratan)

Perhitungan Panjang Penyaluran dan Kontrol Retak

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing sisi penampang melalui penyaluran tulangan yang disebut sebagai panjang penyaluran tulangan.

Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 300 mm

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{2,1 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.2.1)

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

Ψ_t = factor lokasi penulangan = 1

Ψ_e = Faktor pelapis = 1

λ = Faktor digunakan agregat normal 1

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{2,1 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_d = \frac{400 \text{ Nmm} \times 1 \times 1}{2,1 \times 1 \times \sqrt{30'}} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_d = 660,745 \text{ mm}^2$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times \lambda_d$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{1416,925 \text{ mm}^2}{1217,522 \text{ mm}^2} \times 660,745 \text{ mm}$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = 567,758 \text{ mm} \approx 600 \text{ mm}$$

Maka untuk panjang penyaluran tulangan dalam adalah 600 mm

Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 200 mm, dan diambil dari nilai yang terbesar dari persamaan berikut :

$$l_d = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b \text{ dan } l_d = 0,034 f_y \times d_b$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.3.1)

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

Kontrol antar persamaan

$$l_d = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_d = \frac{0,24 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{30 \text{ Nmm}^2}} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_d = 333,015 \text{ mm} \quad \dots \dots \text{Persamaan 1}$$

$$l_d = 0,034 \times f_y \times d_b$$

$$l_d = 0,034 \times 400 \text{ Mpa} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_d = 258 \quad \dots \dots \dots \text{Persamaan 2}$$

Maka yang diambil adalah persamaan 1 dengan nilai l_d 333,015 mm

$$\lambda_d \text{ reduksi} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times l_d$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = \frac{1416,925 \text{ mm}^2}{1217,522 \text{ mm}^2} \times 333,015 \text{ mm}$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = 286,150 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

Maka untuk panjang penyaluran tulangan dalam adalah 300 mm

Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 8db dan 150 mm.

$$l_d = \frac{0,24 \times \Psi e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.5.1)

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

Ψe = Faktor pelapis = 1

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

Kontrol antar persamaan

$$l_d = \frac{0,24 \times \Psi e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b$$

$$l_d = \frac{0,24 \times 1 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{30 \text{ Nmm}}} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_d = 333,015 \text{ mm}$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times l_d$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = \frac{1416,925 \text{ mm}^2}{1217,522 \text{ mm}^2} \times 333,015 \text{ mm}$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = 286,150 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

Maka untuk panjang penyaluran tulangan dalam adalah $300 \text{ mm} = 0,3 \text{ m} \geq 150 \text{ mm}$ dan $\geq 8db$ (128 mm)

Panjang kait

$$12 \text{ db} = 12 (19) = 228 \text{ mm}$$

Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tekan dihitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 200 mm

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.3.1)

$$\lambda_{dc} = (0,043 f_y) \times d_b$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.3.2)

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

Kontrol antar persamaan

$$l_d = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b$$

$$l_d = \frac{0,24 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{30 \text{ Nmm}}} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_d = 333,015 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \lambda_{dc} &= (0,043 f_y) \times d_b \\ &= (0,043 \times 400) \times 19 \\ &= 326,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

Diambil 333,015 mm

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\lambda_d \text{ reduksi} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times l_d$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = \frac{1416,925 \text{ mm}^2}{1217,522 \text{ mm}^2} \times 333,015 \text{ mm}$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = 286,150 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

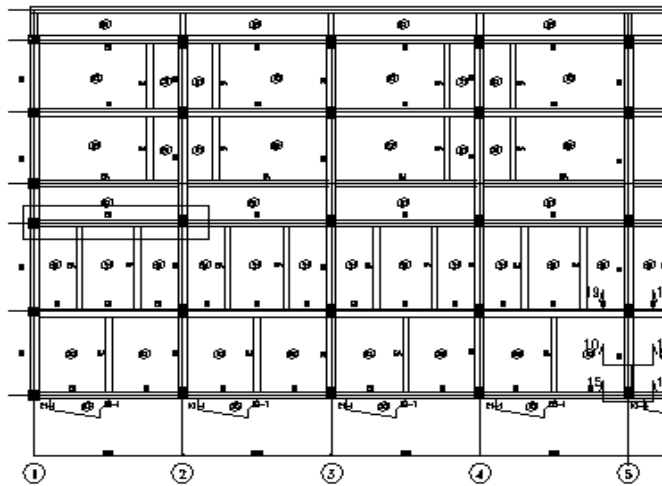
Maka untuk panjang penyaluran tulangan dalam adalah $300 \text{ mm} = 0,3 \text{ m} \geq 150 \text{ mm}$ dan $\geq 8db$ (128 mm)

Panjang kait

$$4 db + 4 db = 4 (19) + 4 (19) = 152 \text{ mm}$$

4.5.2 Perhitungan Tulangan Balok Anak

Perhitungan tulangan balok BA (25x30) cm AS C'-(1-2) pada elevasi $\pm 3,525 \text{ m}$. Berikut ini adalah data perencanaan balok berdasarkan gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000. Selanjutnya akan dihitung dengan metode SRPMM.



Gambar 4.24 Denah balok anak yang ditinjau

Data Perencanaan Balok :

| | |
|-------------------------|------------|
| Tipe balok | : BA |
| AS balok yang di tinjau | : C'-(1-2) |
| Bentang balok | : 6000 mm |

| | |
|-------------------------------------|----------------|
| Dimensi Balok (b balok) | : 250 mm |
| Dimensi Balok (h balok) | : 300 mm |
| Kuat Tekan Beton (f_c') | : 30 N/mm^2 |
| Kuat Leleh Tul. Lentur (f_y) | : 400 N/mm^2 |
| Kuat Leleh Tul. Geser (f_{yv}) | : 240 N/mm^2 |
| Kuat Leleh Tul. Puntir (f_{yt}) | : 240 N/mm^2 |
| Diameter Tulangan Lentur | : D 13 |
| Diameter Tulangan Geser | : ϕ 10 |
| Diameter Tulangan Puntir | : ϕ 10 |
| Jarak Spasi Tul. Sejajar | : 25 mm |

(SNI 2847:2013, Pasal 7.6.1)

| | |
|---------------------------------|---------|
| Tebal selimut beton (t decking) | : 40 mm |
|---------------------------------|---------|

(SNI 2847:2013, Pasal 7.7.1 (c))

| | |
|------------------|--------|
| Faktor β_1 | : 0,85 |
|------------------|--------|

(SNI 2847:2013, Pasal 10.2.7 (3))

| | |
|---|-------|
| Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) | : 0,9 |
|---|-------|

(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(1))

| | |
|--|--------|
| Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) | : 0,75 |
|--|--------|

(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3))

| | |
|---|--------|
| Faktor reduksi kekuatan puntir (ϕ) | : 0,75 |
|---|--------|

(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3))

Maka perhitungan tinggi efektif balok :

$$d = h - \text{decking} - \phi_{\text{tul. sengkang}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tul. lentur}}$$

$$= 300\text{mm} - 40\text{mm} - 10\text{mm} - \frac{1}{2} 13\text{ mm}$$

$$= 243,5\text{ mm}$$

$$d' = h - d$$

$$= 300\text{ mm} - 243,5\text{ mm} = 56,5\text{ mm}$$

Perhitungan Tulangan

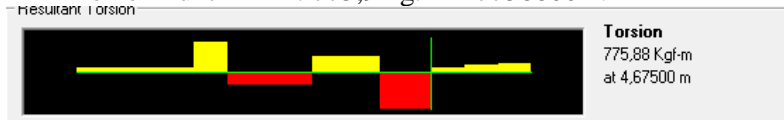
Dalam perhitungan balok didapatkan gaya dalam dan diagram gaya dari analisa program SAP 2000 yang memodelkan stuktur bangunan yang ditinjau. Pada hasil output analisa SAP 2000 digunakan data yang

menunjukkan analisa gaya terbesar dari semua frame balok pada stuktur bangunan, sehingga didapatkan pada frame 1754 pemodelan SAP 2000 dengan kombinasi pembebanan $1,2D+1L+1Ex+0,3Ey$ dan berikut adalah hasil output analisa dari program SAP 2000 :

Hasil Output Torsi

Kombinasi : $1,2D+1L+1Ex+0,3Ey$

Momen Puntir : $775,9 \text{ kg.m} = 7758800 \text{ Nmm}$

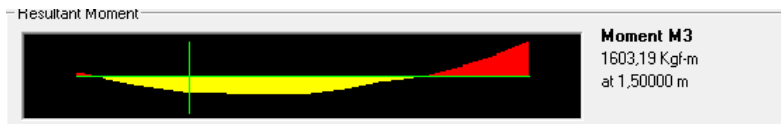


Gambar 4.25 Hasil ouput SAP 2000 gaya torsi

Hasil Output Diagram Momen Lentur

Kombinasi : $1,2D+1L+1Ex+0,3Ey$

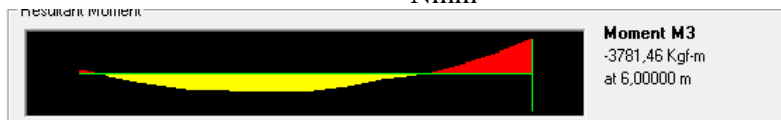
Momen lapangan : $1603 \text{ kg.m} = 16031900 \text{ Nmm}$



Gambar 4.26 Hasil ouput SAP 2000 momen lapangan balok

Kombinasi : $1,2D+1L+1Ex+0,3Ey$

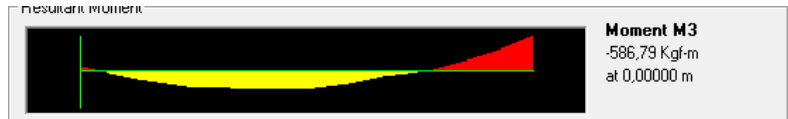
Momen Tumpuan kanan : $3781 \text{ kg.m} = 37814600 \text{ Nmm}$



Gambar 4.27 Hasil ouput SAP 2000 momen tumpuan kanan

Kombinasi : $1,2D+1L+1Ex+0,3Ey$

Momen Tumpuan kiri : 586,8 kg.m = 5867900 Nmm



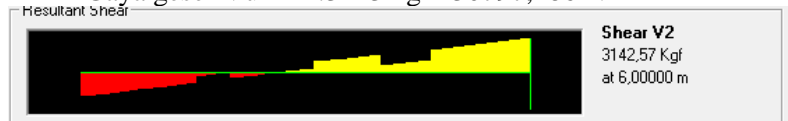
Gambar 4.28 Hasil output SAP 2000 momen tumpuan kiri balok

Hasil Output Diagram Gaya Geser

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat beban kombinasi 1,2D+1L+1Ex+0,3Ey didapatkan gaya geser terfaktor dengan V_u diambil berdasarkan SAP 2000

Kombinasi : 1,2D+1L+1Ex+0,3Ey

Gaya geser V_u : 3143 kg = 30797,186 N



Gambar 4.29 Hasil output SAP 2000 gaya geser muka balok

❖ Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap geser, lentur dan puntir. Ukuran balok yang dipakai 25cm x 30 cm

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok} \\ = 250mm \times 300mm = 75000 mm^2$$

Parimeter luar irisan penampang beton A_{cp}

$$P_{cp} = 2 \times (b_{balok} + h_{balok}) \\ = 2 \times (250mm + 300mm) = 1100 mm$$

Luas penampang dibatasi AS tulangan sengkang

$$A_{oh} = (b_{balok} - 2 \times t_{decking} - 2\phi_{geser}) \\ \times (h_{balok} - 2 \times t_{decking} - 2\phi_{geser})$$

$$\begin{aligned}
 &= (250\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm}) \\
 &\quad \times (300\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm}) \\
 &= 30000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi AS tulangan sengkang

$$\begin{aligned}
 P_{oh} &= 2 \times [(b_{\text{balok}} - 2 \times t_{\text{decking}} - 2\phi_{\text{geser}}) \\
 &\quad + (h_{\text{balok}} - 2 \times t_{\text{decking}} - \phi_{\text{geser}})] \\
 &= 2 \times [(250 - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm}) \\
 &\quad + (300\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm})] \\
 &= 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Tulangan Puntir

Momen Puntir Ultimate

Akibat kombinasi: $1,2D + 1L + 1Ex + 0,3Ey$

$$T_u = 7758800 \text{ Nmm}$$

Momen Puntir Nominal

$$T_n \geq \frac{T_u}{\phi} \quad (\text{SNI 2847:2013, Pasal 11.5.3.5})$$

$$T_n = \frac{7758800 \text{ Nmm}}{0,75} = 10345066,67 \text{ mm}$$

Akibat kombinasi: $1,2 D + 1L + 1 Ex + 0,3 Ey$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang dari beberapa kondisi yakni:

$$T_{u\min} = 0,083\lambda\sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \quad (\text{SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1 (a)})$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 T_{u\min} &= 0,75 \times 0,083 \\
 &\quad \times 1 \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \left(\frac{(75000 \text{ mm}^2)^2}{1100 \text{ mm}} \right) \\
 &= 1743531,607 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimum T_u diambil sebesar

$$T_{u_{max}} = 0,33 \lambda \sqrt{f'c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \quad (SNI 2847:2013, Pasal 11.5.2.2 (a))$$

Maka :

$$\begin{aligned} T_{u_{max}} &= 0,75 \times 0,33 \\ &\times 1 \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \left(\frac{(75000 \text{ mm}^2)^2}{1100 \text{ mm}} \right) \\ &= 6932113,618 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Cek Pengaruh Momen Puntir

$T_u < T_{u_{min}}$ maka tulangan puntir diabaikan

$T_u > T_{u_{min}}$ maka memerlukan tulangan puntir

Masuk pada kondisi

$$T_u = 7758800 \text{ Nmm} > T_{u_{min}} = 1743531,61 \text{ Nmm}$$

(Memerlukan tulangan puntir)

❖ Tulangan Puntir Untuk Lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan punter sesuai dengan (SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.7) direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times Ph \times \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \emptyset$$

Dengan A_t/s dihitung sesuai dengan (SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6) berasal dari persamaan berikut:

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt} \times \cot \emptyset}$$

Maka :

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \emptyset}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{10345066,67 \text{ Nmm}}{2 \times 30000 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ Nmm} \times \cot 45}$$

$$\frac{A_t}{s} = 0,718 \text{ mm}$$

Sehingga Tulangan puntir untuk lentur :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times Ph \times \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \theta$$

$$A_l = 0,718 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} \times \left(\frac{240 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \times \cot^2 45$$

$$A_l = 129,313 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.5.3 tulangan torsi longitudinal minimum harus diambil nilai dengan ketentuan :

$$\frac{A_t}{s} \geq \frac{0,175 \times B_w}{F_{yt}}$$

$$0,718 \text{ mm} \geq \frac{0,175 \times 250 \text{ mm}}{240 \text{ N/mm}^2}$$

$$0,585 \text{ mm} \geq 0,182 \text{ mm}$$

Maka nilai A_t/s diambil = 0,182 mm

Chek nilai A_l min dengan persamaan :

$$\left(\frac{0,42 \times \sqrt{f_c'} \times A_{cp}}{F_y} - \frac{A_t}{s} \right) \times Ph \times \frac{F_{yt}}{F_y}$$

Maka nilai A_{lmin} :

$$\left(\frac{0,42 \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 75000 \text{ mm}^2}{400 \text{ Mpa}} - 0,585 \text{ mm} \right) \times 300 \text{ mm} \times \frac{240 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$A_{lmin} = 154,187 \text{ mm}^2$$

Kontrol penggunaan A_l dengan 2 kondisi yakni

$A_{lperlu} \leq A_{lmin}$ Maka menggunakan A_{lmin}

$A_{lperlu} \geq A_{lmin}$ Maka menggunakan A_{lperlu}

Maka ;

$$Al_{\text{perlu}} \leq Al_{\text{min}}$$

$$129,313 \text{ mm}^2 \leq 154,187 \text{ mm}^2$$

Sehingga yang digunakan nilai Al min sebesar

$$154,187 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok sehingga:

$$\frac{Al}{4} = \frac{154,187 \text{ mm}}{4} = 38,547 \text{ mm}^2$$

Penyebaran pada penulangan torsi pada tulangan memanjang dibagi pada setiap sisinya :

- Pada sisi atas : disalurkan pada tulangan tarik balok
- Pada sisi bawah : disalurkan pada tulangan tekan balok

Untuk sisi samping balok mendapatkan tambahan luasan tulangan puntir sebesar $0,5 \times Al$, sehingga Al pada sisi samping balok adalah $77,0935 \text{ mm}^2$ direncanakan tulangan diameter 10 mm maka jumlah tulangan puntirnya adalah :

$$n = \frac{Al}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{77,0935 \text{ mm}^2}{78,5 \text{ mm}^2}$$

$$n = 0,982 \approx 2 \text{ Buah}$$

Kontrol Al pasang > Al perlu

$$\begin{aligned} Al_{\text{pasang}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{Luasan D puntir} \\ &= 2 \times (0,25 \times 22/7 \times (10 \text{ mm})^2) \\ &= 157 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka} \quad &= Al_{\text{pasang}} > Al_{\text{perlu}} \\ &= 157 \text{ mm}^2 > 77,0935 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Sehingga tulangan puntir ditumpuan kiri, kanan dan lapangan dipasang sebesar **2 Ø 10**.

Perhitungan Tulangan Lentur

Garis Netral Dalam Kondisi Balance

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d$$

$$= \frac{600}{600 + 400} \times 243,5 \text{ mm} = 146,1 \text{ mm}$$

Garis Netral Maksimum

$$X_{max} = 0,75 \times X_b$$

$$= 0,75 \times 146,1 \text{ mm}$$

$$= 109,575 \text{ mm}$$

Garis Netral Minimum

$$X_{min} = d'$$

$$= 56,5 \text{ mm}$$

Garis Netral Rencana (Asumsi)

$$X_{rencana} = 100 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}$$

$$= 0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 250 \text{ mm} \times 0,85 \times 100 \text{ mm}$$

$$= 541875 \text{ N}$$

Luas Tulangan Lentur Gaya Tarik Tulangan Lentur

Tunggal

$$A_{sc} = \frac{0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}}{f_y}$$

$$= \frac{0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 250 \text{ mm} \times 0,85 \times 100 \text{ mm}}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$= 1354,688 \text{ mm}^2$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$M_{nc} = A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_{rencana}}{2} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= 1354,688 \text{ mm}^2 \times 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \\
 &\quad \times \left(243,5 \text{ mm} - \frac{0,85 \times 100 \text{ mm}}{2} \right) \\
 &= 108916875 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Daerah Tumpuan Kanan

Diambil momen terbesar, akibat dari kombinasi:

$$1,2 D + 1L + 1 Ex + 0,3Ey$$

$$M_{u \text{ tumpuan}} = 37814600 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (M_n)

$$M_u = 37814600 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{37814600 \text{ Nmm}}{0.9}$$

$$M_n = 42016222,22 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ = maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 42016222,22 \text{ Nmm} - 108916875 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -66900652,78 \text{ Nmm}$$

Sehingga $M_{ns} \leq 0$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan, dan untuk analisa selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{42016222,22 \text{ Nmm}}{(250\text{mm} \times 243,5 \text{ mm})^2}$$

$$= 2,835 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

(SNI 2847:2013, Lampiran B.8.4.2)

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times \frac{30\text{N}}{\text{mm}^2}}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \left(\frac{600}{600 + 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)$$

$$= 0,0325$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

(SNI 2847:2013, Lampiran B.10.3.3)

$$= 0,75 \times 0,0325$$

$$= 0,0244$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$= 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$= \frac{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$= 15,69$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 2,835}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}} \right)$$

$$= 0,0075$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,0075 < 0,024 \text{ (memenuhi)}$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{pakai} \times b \times 243,5 \text{ mm} \\ = 458,458 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luasan tulangan lentur} = \frac{1}{4} \pi d^2 \\ = \frac{1}{4} \pi (13 \text{ mm})^2 \\ = 132,7 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang

Luasan tulangan perlu tarik+ luasan tambahan puntir longitudinal sisi atas balok (top)

$$A_s \text{ perlu} = A_s + \frac{A_l}{4} \\ = 458,458 \text{ mm}^2 + 38,547 \text{ mm}^2 \\ = 497,005$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luasan tulangan lentur}} \\ = \frac{497,005 \text{ mm}^2}{132,7 \text{ mm}^2} \\ = 3,75 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

$$A_s \text{ pasang} = n \times \text{Luasan tulangan lentur} \\ = 4 \times 132,7 \text{ mm}^2 \\ = 530,66 \text{ mm}^2$$

Kontrol

$$A_s \text{ pasang} = 530,66 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} \\ = 497,005 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu tekan+ luasan tambahan puntir longitudinal sisi bawah balok (bottom). Karena memerlukan tulangan puntir, sehingga luasan tulangan lentur tekan bagian sisi bawah balok sesuai dengan ***SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1***, luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik maka A_s' adalah :

$$A_s' = 0,3 \times A_s$$

$$A_s' = 0,3 \times 530,66 \text{ mm}^2$$

$$As' = 159,198 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah)
yang direncanakan dengan diameter 13 mm :

$$n = \frac{As'}{\text{Luasan Tulangan Lentur}}$$

$$n = \frac{159,198 \text{ mm}^2}{132,7 \text{ mm}^2}$$

$$n = 1,2 \approx 3 \text{ buah}$$

Kontrol

$$As' \text{ pasang} = 397,995 \text{ mm}^2 > As' \text{ perlu} = 159,198 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

Direncanakan tulangan lentur tarik 1 lapis 4 D 13
dan tulangan tekan 1 lapis 3 D 13

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{Øgeser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{250 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (4 \times 13 \text{ mm})}{4 - 1} \\ &= 32,67 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat:

$$S_{maks} = 32,67 \text{ mm} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm}$$

→ susun 1 lapis

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (3 \times 13 \text{ mm})}{3 - 1} \\
 &= 55,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$S_{maks} = 55,5 \text{ mm} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok BA (25/30) AS C'(13-14) pada elevasi $\pm 3,525$ m untuk daerah tumpuan kanan bentang 6 m :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 4 D 13

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 3 D 13

Kontrol kemampuan penampang

$$A_{s_{pakai}} \text{ tulangan tarik } 4D13 = 530,7 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{530,7 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 250\text{mm}} \\
 &= 33,30 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times b \times f_c' \times a \\
 &= 0,85 \times 250 \text{ mm} \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 33,30\text{mm} \\
 &= 212264 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= A_{s_{pakai}} \times f_y \\
 &= 530,7 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 212264 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d'))$$

$$\begin{aligned}
 &= \left(212264 \text{ N} \times \left(243,5 \text{ mm} - \frac{33,30 \text{ mm}}{2} \right) \right) \\
 &\quad + \left(212264 \text{ N} \right. \\
 &\quad \left. \times (243,5 \text{ mm} - 56,5 \text{ mm}) \right) \\
 &= 87845847,63 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka,

$M_n \text{ pasang} \geq M_u \text{ perlu}$

$79061262,87 \text{ Nmm} > 42016222,22 \text{ Nmm}$

(Memenuhi)

$A_{s_{pakai}} \text{ tulangan tekan } 3D13 = 397,995 \text{ mm}^2$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{397,995 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 250 \text{ mm}} \\
 &= 24,97 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times b \times f_c' \times a \\
 &= 0,85 \times 250 \text{ mm} \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 24,97 \text{ mm} \\
 &= 159198 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= A_{s_{pakai}} \times f_y \\
 &= 397,995 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 159198 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\
 &= \left(159198 \text{ N} \times \left(243,5 \text{ mm} - \frac{24,97 \text{ mm}}{2} \right) \right) \\
 &\quad + \left(159198 \text{ N} \right. \\
 &\quad \left. \times (243,5 \text{ mm} - 56,5 \text{ mm}) \right) \\
 &= 66546974,04 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka,

$\theta M_n \text{ pasang} > M_u$

$0,9 \times 66546974,04 \text{ Nmm} > 42016222,2 \text{ Nmm}$

59892276,64 Nmm > 42016222,2 Nmm
(memenuhi)

Jadi, penulangan lentur untuk balok BA (25/30) AS C'(13-14) pada elevasi $\pm 3,525$ m untuk daerah tumpuan kanan bentang 6 m adalah sebagai berikut:

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 4 D 13

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 3 D 13

Daerah Tumpuan Kiri

Diambil momen terbesar, akibat dari kombinasi:

$$1,2 D + 1L + 1 Ex + 0,3Ey$$

$$M_u \text{ tumpuan} = 5867900 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (M_n)

$$M_u = 5867900 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{5867900 \text{ Nmm}}{0.9}$$

$$M_n = 6519888,889 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ = maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 6519888,889 \text{ Nmm} - 108916875 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -102396986,16 \text{ Nmm}$$

Sehingga $M_{ns} \leq 0$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan, dan untuk analisa selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{6519888,889 \text{ Nmm}}{250\text{mm} \times (243,5 \text{ mm})^2}$$

$$= 0,440 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

(SNI 2847:2013, Lampiran B.8.4.2)

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times \frac{30\text{N}}{\text{mm}^2}}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \left(\frac{600}{600 + 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)$$

$$= 0,0325$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

(SNI 2847:2013, Lampiran B.10.3.3)

$$= 0,75 \times 0,0325$$

$$= 0,0244$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$= 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$= \frac{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$= 15,69$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 0,440}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}} \right)$$

$$= 0,001078$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,0011 < 0,024 \text{ (tidak memenuhi)}$$

ρ dinaikkan 30% = $1,3 \times 0,0011 = 0,00144$, maka menggunakan ρ min

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 250 \text{ mm} \times 243,5 \text{ mm} \\ &= 213,06 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luasan tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi (13 \text{ mm})^2 \\ &= 132,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang

Luasan tulangan perlu tarik+ luasan tambahan puntir longitudinal sisi atas balok (top)

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &= A_s + \frac{A_l}{4} \\ &= 213,06 \text{ mm}^2 + 38,547 \text{ mm}^2 \\ &= 251,609 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luasan tulangan lentur}} \\ &= \frac{251,609 \text{ mm}^2}{132,7 \text{ mm}^2} \\ &= 1,90 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \times \text{Luasan tulangan lentur} \\ &= 4 \times 132,7 \text{ mm}^2 \\ &= 530,66 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol

$$A_s \text{ pasang} = 530,66 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}} = 251,61 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})$$

Luasan tulangan perlu tekan+ luasan tambahan puntir longitudinal sisi bawah balok (bottom). Karena memerlukan tulangan puntir, sehingga luasan tulangan lentur tekan bagian sisi bawah balok sesuai dengan ***SNi 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1***, luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik maka A_s' adalah :

$$As' = 0,3 \times As$$

$$As' = 0,3 \times 530,66 \text{ mm}^2$$

$$As' = 159,198 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah)
yang direncanakan dengan diameter 13 mm :

$$n = \frac{As'}{\text{Luasan Tulangan Lentur}}$$

$$n = \frac{159,198 \text{ mm}^2}{132,7 \text{ mm}^2}$$

$$n = 1,2 \approx 3 \text{ buah}$$

Kontrol

$$As' \text{ pasang} = 397,995 \text{ mm}^2 > As' \text{ perlu} = 159,198 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

Direncanakan tulangan lentur tarik 1 lapis 4 D 13
dan tulangan tekan 1 lapis 3 D13

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{250 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (4 \times 13 \text{ mm})}{4 - 1}$$

$$= 32,67 \text{ mm}$$

Syarat:

$$S_{maks} = 32,67 \text{ mm} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm}$$

→ susun 1 lapis

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (3 \times 13 \text{ mm})}{2 - 1} \\
 &= 55,50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$S_{maks} = 55,50 \text{ mm} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm}$$

→ susun 1 lapis

Maka dipasang tulangan lentur balok BA (25/30) AS C' (13-14) pada elevasi $\pm 3,525$ m untuk daerah tumpuan kiri bentang 6 m :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 4 D 13

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 3 D 13

Kontrol kemampuan penampang

$$As_{pakai} \text{ tulangan tarik } 4D13 = 530,66 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{530,66 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 250\text{mm}} \\
 &= 33,30 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times b \times f_c' \times a \\
 &= 0,85 \times 250 \text{ mm} \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 33,30\text{mm} \\
 &= 212264 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= As_{pakai} \times f_y \\
 &= 530,66 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 212264 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d'))$$

$$\begin{aligned}
&= \left(212264 \text{ N} \times \left(243,5 \text{ mm} - \frac{33,30 \text{ mm}}{2} \right) \right) \\
&\quad + \left(212264 \text{ N} \right. \\
&\quad \left. \times (243,5 \text{ mm} - 56,5 \text{ mm}) \right) \\
&= 87845847,63 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

Maka,

$M_n \text{ pasang} \geq M_u \text{ perlu}$

$79061262,87 \text{ Nmm} > 6519888,89 \text{ Nmm}$

(Memenuhi)

$A_{s_{pakai}} \text{ tulangan tekan } 3D13 = 397,995 \text{ mm}^2$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{397,995 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 250 \text{ mm}} \\
&= 24,97 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Cc' &= 0,85 \times b \times f_c' \times a \\
&= 0,85 \times 250 \text{ mm} \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 24,97 \text{ mm} \\
&= 159198 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Cs' &= A_{s_{pakai}} \times f_y \\
&= 397,995 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\
&= 159198 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_n &= \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\
&= \left(159198 \text{ N} \times \left(243,5 \text{ mm} - \frac{24,97 \text{ mm}}{2} \right) \right) \\
&\quad + (159198 \text{ N} \\
&\quad \times (243,5 \text{ mm} - 56,5 \text{ mm})) \\
&= 66546974,04 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

Maka,

$\theta M_n \text{ pasang} > M_u$

$0,9 \times 66546974,04 \text{ Nmm} > 6519888,89 \text{ Nmm}$

59892276,64 Nmm > 6519888,89 Nmm
(memenuhi)

Jadi, penulangan lentur untuk balok BA (25/30) AS C'(13-14) pada elevasi $\pm 3,525$ m untuk daerah tumpuan kiri bentang 6 m adalah sebagai berikut:
Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 4 D 13
Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 3 D 13

Daerah Lapangan

Diambil momen terbesar, akibat dari kombinasi:

$$1,2 D + 1 L + 1 E_x + 0,3 E_y$$

$$M_{u \text{ lapangan}} = 16031900 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (M_n)

$$M_u = 16031900 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{16031900 \text{ Nmm}}{0.9}$$

$$M_n = 17813222,22 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ = maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 17813222,22 \text{ Nmm} - 108916875 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -91103652,78 \text{ Nmm}$$

Sehingga $M_{ns} \leq 0$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan, dan untuk analisa selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{17813222,22 \text{ Nmm}}{250 \text{ mm} \times (243,5 \text{ mm})^2} \\ &= 1,202 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &\quad \text{(SNI 2847:2013, Lampiran B.8.4.2)} \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times \frac{30 \text{ N}}{\text{mm}^2}}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \left(\frac{600}{600 + 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right) \\ &= 0,0325\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &\quad \text{(SNI 2847:2013, Lampiran B.10.3.3)} \\ &= 0,75 \times 0,0325 \\ &= 0,0244\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \\ &= 0,0035\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \\ &= 15,69\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 1,202}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}} \right) \\ &= 0,0031\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{min} &< \rho < \rho_{max} \\ 0,0035 &< 0,0031 < 0,024 \text{ (tidak memenuhi)}\end{aligned}$$

$$\rho \text{ dinaikkan } 30\% = 0,0040$$

$$\begin{aligned}A_s \text{ perlu} &= \rho_{pakai} \times b \times d \\ &= 0,0040 \times 250 \text{ mm} \times 243,5 \text{ mm} \\ &= 243,637 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luasan tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \pi (13 \text{ mm})^2 \\
 &= 132,7 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang

Luasan tulangan perlu tarik+ luasan tambahan puntir longitudinal sisi atas balok (top)

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu}} &= A_s + \frac{A_l}{4} \\
 &= 243,637 \text{ mm}^2 + 38,54675 \text{ mm}^2 \\
 &= 282,183 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luasan tulangan lentur}} \\
 &= \frac{282,183 \text{ mm}^2}{132,7 \text{ mm}^2} \\
 &= 2,127 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pasang} &= n \times \text{Luasan tulangan lentur} \\
 &= 3 \times 132,7 \text{ mm}^2 \\
 &= 397,995 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pasang} &= 397,995 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = \\
 &282,283 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu tekan+ luasan tambahan puntir longitudinal sisi bawah balok (bottom). Karena memerlukan tulangan puntir, sehingga luasan tulangan lentur tekan bagian sisi bawah balok sesuai dengan ***SNi 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1***, luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik maka A_s' adalah :

$$\begin{aligned}
 A_s' &= 0,3 \times A_s \\
 A_s' &= 0,3 \times 397,995 \text{ mm}^2 \\
 A_s' &= 119,399 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah) yang direncanakan dengan diameter 16 mm :

$$n = \frac{As'}{\text{Luasan Tulangan Lentur}}$$

$$n = \frac{119,399 \text{ mm}^2}{132,7 \text{ mm}^2}$$

$$n = 0,9 \approx 2 \text{ buah}$$

Kontrol

$$As'_{\text{pasang}} = 265,33 \text{ mm}^2 > As'_{\text{perlu}} = 119,399 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

Direncanakan tulangan lentur tarik 1 lapis 2 D 16 dan tulangan tekan 1 lapis 2 D 16

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{250 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (3 \times 13 \text{ mm})}{3 - 1}$$

$$= 55,5 \text{ mm}$$

Syarat:

$$S_{maks} = 55,5 \text{ mm} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 13\text{mm})}{2 - 1}$$

$$= 124\text{ mm}$$

Syarat:

$$S_{maks} = 124\text{ mm} \geq S_{sejajar} = 25\text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok BA (25/30) AS C'(13-14) pada elevasi $\pm 3,525\text{ m}$ untuk daerah lapangan bentang 6 m :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 3 D 13

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2 D 13

Kontrol kemampuan penampang

$$A_{s_{pakai}} \text{ tulangan tarik } 3D13 = 397,995\text{ mm}^2$$

$$A_s \times f_y$$

$$a = \frac{0,85 \times f_c' \times b}{397,995\text{ mm}^2 \times 400\text{ N/mm}^2}$$

$$= \frac{0,85 \times 30\text{ N/mm}^2 \times 250\text{mm}}{397,995\text{ mm}^2 \times 400\text{ N/mm}^2}$$

$$= 24,97\text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$= 0,85 \times 250\text{ mm} \times 30\text{ N/mm}^2 \times 24,97\text{mm}$$

$$= 159198\text{ N}$$

$$Cs' = A_{s_{pakai}} \times f_y$$

$$= 397,995\text{ mm}^2 \times 400\text{ N/mm}^2$$

$$= 159198\text{ N}$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d'))$$

$$= \left(159198\text{ N} \times \left(243,5\text{ mm} - \frac{24,97\text{ mm}}{2} \right) \right) + (159198\text{ N} \times (243,5\text{ mm} - 56,5\text{ mm}))$$

$$= 66546974,04\text{ Nmm}$$

Maka,

$Mn_{pasang} \geq Mu_{perlu}$

$59892276,64 \text{ Nmm} > 17813222,2 \text{ Nmm}$

(Memenuhi)

$As_{pakai} \text{ tulangan tekan } 2D13 = 265,33 \text{ mm}^2$

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$= \frac{265,33 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 250 \text{ mm}}$$

$$= 16,65 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$= 0,85 \times 250 \text{ mm} \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 16,65 \text{ mm}$$

$$= 106132 \text{ N}$$

$$Cs' = As_{pakai} \times f_y$$

$$= 265,33 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$= 106132 \text{ N}$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d'))$$

$$= \left(106132 \text{ N} \times \left(243,5 \text{ mm} - \frac{16,65 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$+ (106132 \text{ N} \times (243,5 \text{ mm} - 56,5 \text{ mm}))$$

$$= 44806374,91 \text{ Nmm}$$

Maka,

$\theta Mn_{pasang} > Mu$

$0,9 \times 44806374,91 \text{ Nmm} > 17813222,22 \text{ Nmm}$

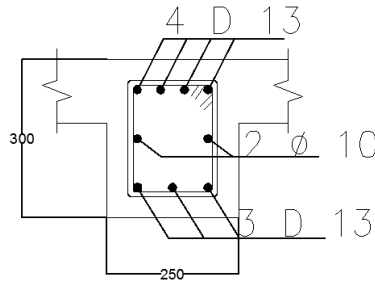
$40325737,42 \text{ Nmm} > 17813222,22 \text{ Nmm}$

(memenuhi)

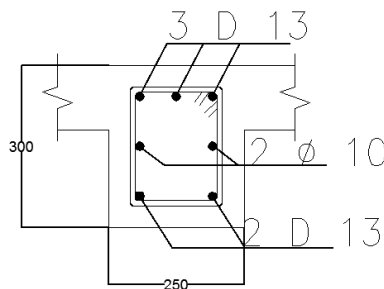
Jadi, penulangan lentur untuk balok BA (25/30) AS C'(13-14) pada elevasi $\pm 3,525$ m untuk daerah lapangan bentang 6 m adalah sebagai berikut:

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 3 D 13

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2 D 13



Gambar 4.30 Kebutuhan tulangan tumpuan balok anak



Gambar 4.31 Kebutuhan tulangan lapangan balok anak

Perhitungan Tulangan Geser

Data Perencanaan balok sebagai berikut:

$$f_c' = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$f_y = 240 \text{ N/mm}^2$$

| | |
|--------------------------|----------|
| β_1 | = 0,85 |
| ϕ_{reduksi} | = 0,75 |
| Lebar | = 250 mm |
| Tinggi | = 300 mm |
| ϕ_{sengkang} | = 10 mm |

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat 1,2D + 1L + 1Ex + 0,3Ey dari analisa SAP 2000 didapatkan gaya geser terfaktor sebesar Vu pada tumpuan = 30797,186 N

Syarat kuat tekan beton (F_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 Mpa (*SNI 03-2847-2013, pasal 11.1.2*)

$$\sqrt{f_c'} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{30 \text{ Mpa}} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$5,477 \text{ Mpa} < 8,3 \text{ Mpa} \text{ (memenuhi syarat SNI)}$$

Kuat Geser Beton

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1)

Dengan:

$\lambda = 1$, untuk beton normal

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 0,17 \times 1 \times \sqrt{30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \\ &\quad \times 250 \text{ mm} \times 243,5 \text{ mm} \\ &= 56682,438 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{3} \times 250 \text{ mm} \times 243,5 \text{ mm} \\
 &= 20291,667 \text{ N} \\
 V_{s_{\max}} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 250 \text{ mm} \times 243,5 \text{ mm} \\
 &= 13693,064 \text{ N} \\
 2V_{s_{\max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= \frac{2}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 250 \text{ mm} \times 243,5 \text{ mm} \\
 &= 27386,128 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Pembagian Wilayah Geser Balok

Dalam perhitungan tulangan geser (sengkang) pada balok, wilayah balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

1. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang (*SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.2*)
2. Wilayah 2 (daerah lapangan), dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke $\frac{1}{2}$ bentang balok.

Penulangan Geser Balok

a.) Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

$$V_{u1} = 30797,186 \text{ N}$$

Cek Kondisi:

Kondisi Geser 1

$$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c \quad \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan geser}$$

$$30797,186 \text{ N} \leq 21255,9 \text{ N} \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Kondisi Geser 2

$$0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$21255,91 \text{ N} \leq 30797,186 \text{ N} \leq$$

42511,8 N (memenuhi)

Kondisi Geser 3

$$\emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset(V_c + V_{s_{min}}) \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$42511,8 \text{ N} \leq 30797,186 \text{ N} \leq 57730,6 \text{ N} \text{ (tidak memenuhi)}$$

Kondisi Geser 4

$$\emptyset(V_c + V_{s_{min}}) \leq V_u \leq \emptyset(V_c + V_{s_{max}}) \rightarrow \text{Perlu tulangan geser}$$

$$57730,6 \text{ N} \leq 30797,186 \text{ N} \leq 52781,6 \text{ N} \text{ (tidak memenuhi)}$$

Kondisi Geser 5

$$\emptyset(V_c + V_{s_{max}}) \leq V_u \leq \emptyset(V_c + 2V_{s_{max}}) \rightarrow \text{Perlu tulangan geser}$$

$$52781,6 \text{ N} \leq 30797,186 \text{ N} \leq 63051,4 \text{ N} \text{ (Tidak memenuhi)}$$

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 2

$$\begin{aligned} \frac{A_v \min}{S} &= \frac{bw}{3 \times f_y} \\ &= \frac{250 \text{ mm}}{3 \times 240} \\ &= 0,347 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_v \text{ perlu}}{S \text{ perlu}} &= \frac{2 A_t}{s} + \frac{A_v}{S} \\ &= 2 \times 0,182 \text{ mm} + 0,347 \text{ mm} \\ &= 0,712 \text{ mm} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser \emptyset 10mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser:

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki} \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 2 \\ &= 157,14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (S_{perlu})

$$\begin{aligned} S_{perlu} &= \frac{Av_{perlu}}{0,71 \text{ mm}} \\ &= \frac{157,14 \text{ mm}^2}{0,71 \text{ mm}} \\ &= 220,6 \text{ mm, dipakai } 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 2

$$\begin{aligned} S_{max} &\leq 600 && \text{(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.2)} \\ 100 \text{ mm} &\leq 600 && \text{(memenuhi)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{max} &\leq \frac{d}{2} \\ 100 \text{ mm} &\leq 121,8 && \text{(memenuhi)} \end{aligned}$$

Sehingga dipakai tulangan geser $\emptyset 10 - 100 \text{ mm}$.

b.) Wilayah 2 Daerah (Lapangan)

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat $1,2D + 1L + 1Ex + 0,3Ey$ dari analisa SAP 2000 didapatkan gaya geser terfaktor sebesar V_u pada lapangan = 10283,238 N

Cek Kondisi:

Kondisi Geser 1

$$\begin{aligned} V_u &\leq 0,5 \times \emptyset \times V_c \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan geser} \\ 10283,238 \text{ N} &\leq 21255,914 \text{ N} && \text{(memenuhi)} \end{aligned}$$

Kondisi Geser 2

$$\begin{aligned} 0,5 \times \emptyset \times V_c &\leq V_u \leq \emptyset \times V_c && \rightarrow \text{Tulangan geser minimum} \\ 21255,914 \text{ N} &\leq 10283,238 \text{ N} \leq 42511,8 \text{ N} && \text{(tidak memenuhi)} \end{aligned}$$

Kondisi Geser 3

$$\begin{aligned} \emptyset \times V_c &\leq V_u \leq \emptyset(V_c + V_{s_{min}}) && \rightarrow \text{Tulangan geser minimum} \\ 42511,8 \text{ N} &\leq 10283,238 \text{ N} \leq 57730,6 \text{ N} && \text{(tidak memenuhi)} \end{aligned}$$

Kondisi Geser 4

$\emptyset(V_c + Vs_{min}) \leq V_u \leq \emptyset(V_c + Vs_{max}) \rightarrow$ Perlu tulangan geser

$$57730,6 \text{ N} \leq 10283,238 \text{ N} \leq 52781,6 \text{ N}$$

(tidak memenuhi)

Kondisi Geser 5

$\emptyset(V_c + Vs_{max}) \leq V_u \leq \emptyset(V_c + 2Vs_{max}) \rightarrow$ Perlu tulangan geser

$$52781,6 \text{ N} \leq 10283,238 \text{ N} \leq 63051,4 \text{ N}$$

(Tidak memenuhi)

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 1

$$\begin{aligned} \frac{Av \text{ min}}{S} &= \frac{bw}{3 \times fy} \\ &= \frac{250 \text{ mm}}{3 \times 240} \\ &= 0,347 \text{ mm} \\ \frac{Av \text{ perlu}}{S \text{ perlu}} &= \frac{2 At}{s} + \frac{Av}{S} \\ &= 2 \times 0,182 \text{ mm} + 0,347 \text{ mm} \\ &= 0,712 \text{ mm} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser \emptyset 10mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser:

$$\begin{aligned} Av &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki} \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 2 \\ &= 157,14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (S_{perlu})

$$\begin{aligned} S_{perlu} &= \frac{Av \text{ perlu}}{0,71 \text{ mm}} \\ &= \frac{157,14 \text{ mm}^2}{0,712 \text{ mm}} \\ &= 220,6 \text{ mm, dipakai } 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 1

$$S_{max} \leq 600 \quad (\text{SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.2})$$

$$10 \text{ mm} \leq 600 \quad (\text{memenuhi})$$

$$S_{max} \leq \frac{d}{2}$$

$$100 \text{ mm} \leq 121,8 \quad (\text{tidak memenuhi})$$

Sehingga dipakai tulangan geser $\emptyset 10 - 150 \text{ mm}$.

Perhitungan Panjang Penyaluran dan Kontrol Retak

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing sisi penampang melalui penyaluran tulangan yang disebut sebagai panjang penyaluran tulangan.

Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik di hitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 300 mm

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{2,1 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.2.1)

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

Ψ_t = factor lokasi penulangan = 1

Ψ_e = Faktor pelapis = 1

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{2,1 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_d = \frac{400 \text{ Nmm} \times 1 \times 1}{2,1 \times 1 \times \sqrt{30'}} \times 13 \text{ mm}$$

$$l_d = 452,088 \text{ mm}^2$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times \lambda_d$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = \frac{497,005 \text{ mm}^2}{530,66 \text{ mm}^2} \times 452,088 \text{ mm}$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = 423,416 \text{ mm} \approx 500 \text{ mm}$$

Maka untuk panjang penyaluran tulangan dalam adalah 500 mm

Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 200 mm, dan diambil dari nilai yang terbesar dari persamaan berikut :

$$l_d = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \text{ dan } l_d = 0,034 f_y \times d_b$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.3.1)

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

Kontrol antar persamaan

$$l_d = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_d = \frac{0,24 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{30 \text{ Nmm}}} \times 13 \text{ mm}$$

$$l_d = 227,853 \text{ mm} \quad \dots \dots \text{Persamaan 1}$$

$$l_d = 0,034 \times f_y \times d_b$$

$$l_d = 0,034 \times 400 \text{ Mpa} \times 13 \text{ mm}$$

$$l_d = 176,8 \quad \dots \dots \dots \text{Persamaan 2}$$

Maka yang diambil adalah persamaan 1 dengan nilai l_d 227,853 mm

$$\lambda_d \text{ reduksi} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times l_d$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = \frac{497,005 \text{ mm}^2}{530,66 \text{ mm}^2} \times 227,853 \text{ mm}$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = 213,408 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

Maka untuk panjang penyaluran tulangan dalam adalah 300 mm

Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 8db dan 150 mm.

$$l_d = \frac{0,24 \times \Psi e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.5.1)

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

Ψe = Faktor pelapis = 1

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

Kontrol antar persamaan

$$l_d = \frac{0,24 \times \Psi e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b$$

$$l_d = \frac{0,24 \times 1 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{30 \text{ Nmm}}} \times 13 \text{ mm}$$

$$l_d = 227,853 \text{ mm}$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times l_d$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = \frac{497,005}{530,66} \times 27,853$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = 213,402 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

Maka untuk panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik adalah $300 \text{ mm} = 0,3 \text{ m} \geq 150 \text{ mm}$ dan $\geq 8d_b$ (104 mm).

Panjang kait

$$12 d_b = 12(13) = 156 \text{ mm}$$

Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tekan dihitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 200 mm

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.3.1)

$$\lambda_{dc} = (0,043 f_y) \times d_b$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.3.2)

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

Kontrol antar persamaan

$$l_d = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b$$

$$l_d = \frac{0,24 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{30 \text{ Nmm}}} \times 13 \text{ mm}$$

$$l_d = 227,853 \text{ mm}$$

$$\lambda_{dc} = (0,043 f_y) \times d_b$$

$$= (0,043 \times 400) \times 13$$

$$= 223,6 \text{ mm}$$

Diambil 227,853 mm

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\lambda_d \text{ reduksi} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times l_d$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = \frac{497,005 \text{ mm}^2}{530,66 \text{ mm}^2} \times 227,853 \text{ mm}$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = 213,402 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

Maka untuk panjang penyaluran tulangan dalam adalah $300 \text{ mm} = 0,3 \text{ m} \geq 150 \text{ mm}$ dan $\geq 8d_b$ (104 mm)

Panjang kait

$$4 \text{ db} + 4 \text{ db} = 4 (13) + 4 (13) = 104 \text{ mm}$$

4.5.3 Perhitungan Tulangan Kolom

4.5.3.1 Perhitungan Tulangan Lentur Kolom

Perhitungan tulangan lentur kolom ditinjau berdasarkan aksial terbesar, momen terbesar. Untuk kolom K1 (45 x 45)cm² pada as C-15 lantai 1. Berikut ini adalah data perencanaan kolom berdasarkan gambar denah kolom, hasil output diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000. Selanjutnya akan dihitung dengan metode SRPMM.

Data Perencanaan :

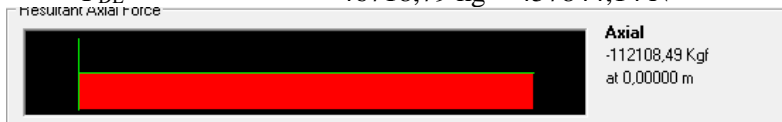
| | |
|-------------------------------------|----------------------|
| Tipe Kolom | : K-1 |
| As Kolom | : C-15 |
| Dimensi kolom | : 45cmx45cm |
| Tinggi kolom | : 3525 mm |
| Kuat tekan beton (f_c') | : 30 MPa |
| Modulus elastisitas beton (E_c) | : $4700 \sqrt{f_c'}$ |
| Modulus elastisitas baja (E_s) | : 200000 Mpa |
| F_y lentur | : 400 Mpa |
| F_y geser | : 240 Mpa |
| D lentur | : 19 mm |

- Ø geser : 10 mm
- Tebal selimut beton (decking) : 40 mm
(SNI 03-2847-2013 pasal 7.7.1)
- Jarak spasi tulangan sejajar : 40 mm
(SNI 2847-2013 pasal 7.6.3)
- β_1 : 0,85
(SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.(3))
- reduksi kekuatan lentur (ϕ) : 0,65
(SNI 2847-2013 pasal 9.3.2(2))
- Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) : 0,75
(SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.(3))

- Gaya aksial berdasarkan output SAP 2000 pada frame 361



$$P_{DL} = 46718,79 \text{ kg} = 457844,14 \text{ N}$$



$$P_U (1,2D+1,6L+0,5L_r) = 112108,49 \text{ kg} = 1098663,2 \text{ N}$$

Momen pada penampang kolom ditinjau dari dua arah, yaitu momen arah X dan arah Y.

- Untuk Momen arah X

Momen akibat pengaruh gempa :

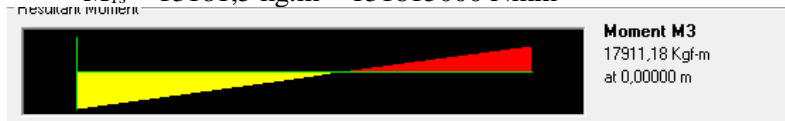
M_{1s} = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terkecil dalam Nmm (SNI 2847-2013)

M_{2s} = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terbesar dalam Nmm (SNI 2847-2013)

Output SAP2000



$$M_{1s} = 13181,5 \text{ kg.m} = 131815000 \text{ Nmm}$$



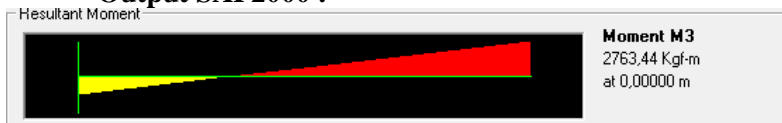
$$M_{2s} = 17911,18 \text{ kg.m} = 179111800 \text{ Nmm}$$

Momen akibat pengaruh beban gravitasi :

M_{1ns} = nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping (SNI 2847-2013)

M_{2ns} = nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping (SNI 2847-2013)

Output SAP2000 :



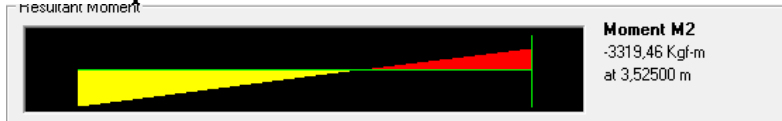
$$M_{1ns} = 2763,44 \text{ kg.m} = 27634400 \text{ Nmm}$$



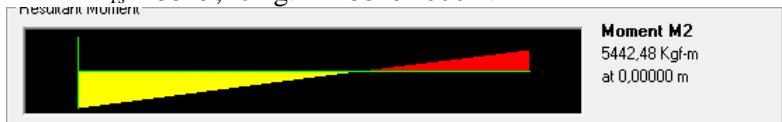
$$M_{2ns} = 5563,62 \text{ kg.m} = 55636200 \text{ Nmm}$$

- Untuk Momen arah Y
Momen akibat pengaruh gempa :

Output SAP2000



$$M_{1s} = 3319,46 \text{ kg.m} = 33194600 \text{ Nmm}$$

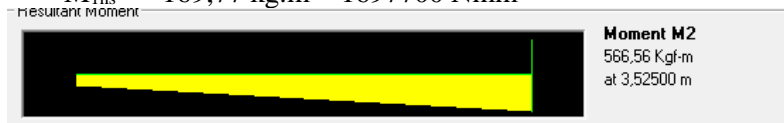


$$M_{2s} = 5442,48 \text{ kg.m} = 54424800 \text{ Nmm}$$

- Momen akibat pengaruh beban gravitasi :
- ### Output SAP2000



$$M_{1ns} = 169,77 \text{ kg.m} = 1697700 \text{ Nmm}$$



$$M_{2ns} = 566,56 \text{ kg.m} = 5665600 \text{ Nmm}$$

- Syarat Gaya Aksial Pada Kolom
Menurut **SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.2** Gaya tekan aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada komponen struktur kolom tidak boleh melebihi $A_g \cdot f_c' / 10$ dan Bila P_u lebih besar maka perhitungan harus mengikuti 21.3.5(Ketentuan Kolom untuk SRPMM)

$$P_u > \frac{A_g \cdot f_c'}{10}$$

$$1098663,202 \text{ N} > \frac{450 \cdot 450 \cdot 30}{10}$$

$$1098663,202 \text{ N} > 607500 \text{ (Memenuhi)}$$

Menghitung faktor Kekakuan Kolom :

- Menghitung faktor β_d
 β_d = rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap rasio beban aksial total terfaktor maksimum.

$$\begin{aligned}\beta_d &= \frac{1,2 \times P_{DL}}{P_U (1,2D + 1,6L + 0,5Lr)} \\ &= \frac{1,2 \times 457844,14 \text{ N}}{1098663,2 \text{ N}} \\ &= 0,50\end{aligned}$$

- Panjang tekuk kolom

$$\Psi = \frac{\sum (EI/L)_{\text{kolom}}}{\sum (EI/L)_{\text{balok}}} \quad (\text{SNI 2847-2013 Pasal 10.10.7.2})$$

Untuk kolom (45/45)

$$Elk = \frac{0,4 \times Ec \times Ig}{1 + \beta_d} \quad (\text{SNI 2847-2013 Pasal 10.10.6.1})$$

$$\begin{aligned}Ik &= 0,7 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 0,7 \times 1/12 \times 450\text{mm} \times (450\text{mm})^3 \\ &= 2392031250 \text{ mm}^4\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Ec &= 4700\sqrt{fc'} \\ &= 4700\sqrt{30} \text{ MPa} \\ &= 25742,96 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Elk &= \frac{0,4 \times Ec \times Ik}{1 + \beta_d} \\ &= \frac{0,4 \times 25742,96 \text{ Nmm} \times 2392031250 \text{ mm}^4}{1 + 0,50} \\ &= 1,642 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2\end{aligned}$$

Untuk balok induk (35/50)

$$Elb = \frac{0,4 \times Ec \times Ig}{1 + \beta_d} \quad (\text{SNI 2847-2013 Pasal 10.10.6.1})$$

$$\begin{aligned}Ig &= 0,35 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 0,35 \times 1/12 \times 350 \text{ mm} \times (500 \text{ mm})^3\end{aligned}$$

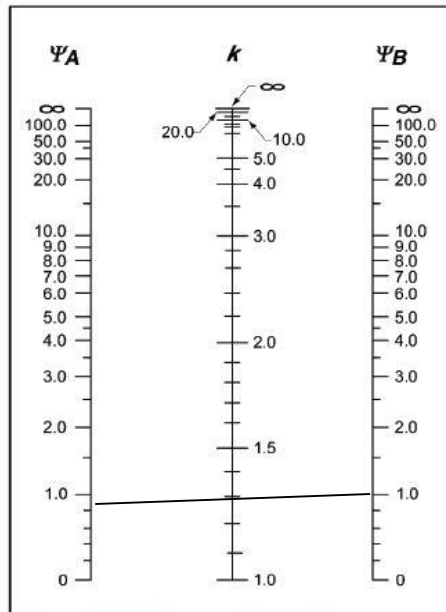
$$\begin{aligned}
 &= 2552083333 \text{ mm}^4 \\
 E_c &= 4700\sqrt{f_{c'}} \\
 &= 4700\sqrt{30 \text{ MPa}} \\
 &= 25742,96 \text{ Nmm} \\
 EI_b &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d} \\
 &= \frac{0,4 \times 25742,96 \text{ Nmm} \times 2552083333 \text{ mm}^4}{1 + 0,50} \\
 &= 1,75 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2
 \end{aligned}$$

- Kekakuan kolom atas

$$\begin{aligned}
 \Psi_A &= \frac{\Sigma(EI/L)_{\text{kolom atas}}}{2 \cdot (EI/L)_B + (EI/L)_B} \\
 &= \frac{\frac{1,64 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2}{3525 \text{ mm}} + \frac{1,64 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2}{3150 \text{ mm}}}{2 \cdot \frac{1,75 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2}{5025 \text{ mm}} + \frac{1,75 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2}{4000 \text{ mm}}} \\
 &= 0,87
 \end{aligned}$$

- Kekakuan kolom bawah

$$\begin{aligned}
 \Psi_B &= \frac{\Sigma(EI/L)_{\text{kolom bawah}}}{\Sigma(EI/L)_s} \\
 &= 1 \text{ (karena menumpu pada pondasi)}
 \end{aligned}$$



(b)
Rangka bergoyang

Gambar 4. 32 Grafik aligment

Dari grafik aligment didapatkan faktor panjang efektif (K)
= 1,29

Kontrol kelangsingan kolom :

$$\begin{aligned} r &= 0,3 \times h \\ &= 0,3 \times 450 \text{ mm} \\ &= 135 \text{ mm} \end{aligned}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.1.2)

$$\begin{aligned} \frac{k \times L_u}{r} &\leq 22 \\ \frac{1,29 \times 3525 \text{ mm}}{135 \text{ mm}} &\leq 22 \end{aligned}$$

33,68 \geq 22 maka kolom termasuk kolom langsing

(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.1(a))

- **Peninjauan Kolom Akibat Momen Arah X**

Momen akibat kombinasi gempa output SAP 2000

$$M_{1s} = 131815000 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} = 179111800 \text{ Nmm}$$

Momen akibat pengaruh beban gravitasi output SAP 2000 kombinasi (1.2D+1L+1Ex+0,3EY)

Akibat kombinasi:

$$M_{1ns} = 27634400 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 55636200 \text{ Nmm}$$

Menghitung faktor pembesaran momen (δ_s)

$$\begin{aligned} P_c &= \frac{\pi^2 \times EI}{(K \times Lu)^2} \\ &= \frac{\pi^2 \times 1,6410^{13} \text{ Nmm}^2}{(1,29 \times 3525 \text{ mm})^2} = 782954,118 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma P_c &= n \times P_c \\ &= 75 \times 782954,118 \text{ N} = 587212808,8 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma P_u &= n \times P_u \\ &= 75 \times 1098663,2 \text{ N} = 82399740,15 \text{ N} \end{aligned}$$

Dimana :

ΣP_c = jumlah seluruh kapasitas tekan kolom-kolom bergoyang pada suatu tingkat

ΣP_u = jumlah seluruh beban vertikal yang bekerja pada suatu tingkat (diambil dari output SAP)

(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10.7.4)

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\Sigma P_u}{0,75 \Sigma P_c}} \geq 1$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{82399740,15}{0,75 \times 587212808,8 \text{ N}}} \geq 1$$

$$\delta_s = 1,23 \geq 1$$

Maka dipakai $\delta_s = 1,23$ dalam perhitungan perbesaran momen.

Pembesaran momen Y :

Dari output SAP2000 diperoleh :

$$M_{1ns} = 27634400 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 55636200 \text{ Nmm}$$

$$M_{1s} = 131815000 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} = 179111800 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_1 &= M_{1ns} + \delta_s M_{1s} \\ &= 27634400 \text{ Nmm} + (1,29 \times 131815000 \text{ Nmm}) \\ &= 189788010,1 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_2 &= M_{2ns} + \delta_s M_{2s} \\ &= 55636200 \text{ Nmm} + (1,29 \times 179111800 \text{ Nmm}) \\ &= 275972466,6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Diambil momen terbesar yaitu

$$M_2 = 275972466,6 \text{ Nmm}$$

Maka Momen yang digunakan untuk menghitung kolom adalah $M_2 = 275972466,6 \text{ Nmm}$

- Penentuan ρ_{perlu} dari diagram interaksi

Dalam menentukan jumlah kebutuhan tulangan lentur kolom, digunakan Diagram Interaksi. Keterangan yang dibutuhkan dalam penggunaan Diagram Interaksi adalah

$$\begin{aligned} \mu h &= h \text{ kolom} - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - \emptyset \text{lentur} \\ &= 450 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - 19 \text{ mm} \\ &= 331 \text{ mm} \end{aligned}$$

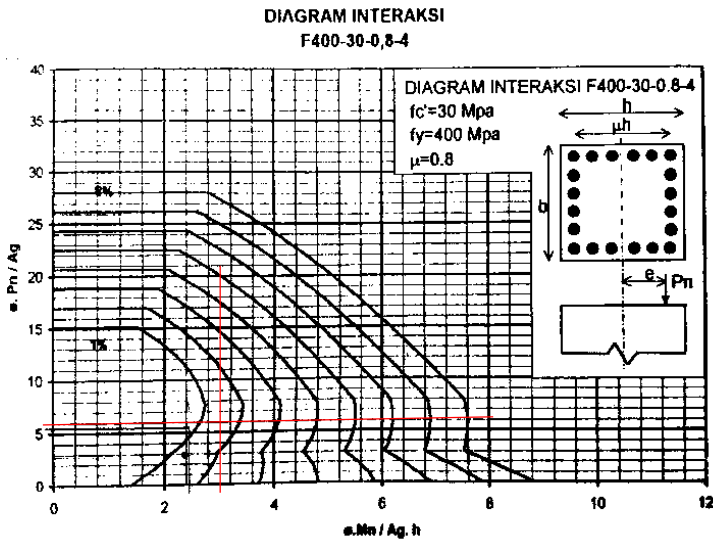
$$\mu = \frac{\mu h}{h \text{ kolom}} = \frac{331 \text{ mm}}{450 \text{ mm}} = 0,736$$

Sumbu Vertikal

$$\begin{aligned} \frac{\phi P_n}{A_g} &= \frac{P_u}{b \cdot h} \\ &= \frac{1098663,2 \text{ Nmm}}{450 \text{ mm} \times 450 \text{ mm}} = 5,425 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Sumbu Horizontal

$$\frac{\phi Mn}{Ag \cdot h} = \frac{Mu}{b \cdot h^2} = \frac{275972466,6 \text{ Nmm}}{450\text{mm} \times (450\text{mm})^2} = 3,0285 \text{ N/mm}^2$$



F400-30-0,8-4

Gambar 4. 33 Diagram Interaksi Penulangan
Maka didapatkan $\rho_{\text{perlu}} = 2\% = 0,002$

- Penentuan tulangan lentur kolom

Luas tulangan lentur perlu

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times h \\ &= 0,002 \times 450 \text{ mm} \times 450 \text{ mm} \\ &= 4050 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas tulangan lentur

$$\text{Luas tulangan D19} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times (19 \text{ mm})^2$$

$$= 283,385 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan lentur pasang

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\text{luas tulangan D19}}$$

$$n = \frac{4050 \text{ mm}^2}{283,385 \text{ mm}^2}$$

$$= 14,29 \approx 16 \text{ buah}$$

Luasan tulangan lentur pasang

$$\text{As}_{\text{pasang}} = \text{As}'$$

$$= n \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \right)$$

$$= 16 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \right)$$

$$= 4534,16 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 16 D 19

- Prosentase Tulangan Terpasang

$$= \frac{\text{As pasang}}{b \times h} \times 100\%$$

$$= \frac{4534,16 \text{ mm}^2}{450 \text{ mm} \times 450 \text{ mm}} \times 100\%$$

$$= 2,24 \% < 8\% \text{ (ok)}$$

Cek kondisi balance

$$d = 450 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 19 = 390,5 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 10 + \frac{1}{2} 19 = 59,5 \text{ mm}$$

$$d'' = 5450 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 19 - \frac{1}{2} 450 = 165,5 \text{ mm}$$

$$x_b = \frac{600}{(600 + f_y)} d$$

$$= \frac{600}{(600 + 400 \text{ MPa})} 390,5 \text{ mm}$$

$$= 234,3 \text{ mm}$$

$$a_b = 0,85 \cdot x_b$$

$$= 0,85 \cdot 234,3 \text{ mm}$$

$$= 199,155 \text{ mm}$$

$$C_s' = \text{As}' (f_y - 0,85 \cdot f_c')$$

$$= 4534,16 \text{ mm}^2 (400 \text{ MPa} - 0,85 \cdot 30 \text{ MPa})$$

$$\begin{aligned}
&= 1698042,92 \text{ N} \\
T &= A_s' \cdot f_y \\
&= 4534,16 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ N/mm}^2 \\
&= 1813664 \text{ N} \\
Cc' &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x_b \\
&= 0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ MPa} \times 450 \text{ mm} \times 234,3 \text{ mm} \\
&= 2285303,625 \text{ N} \\
Pb &= Cc' + Cs' - T \\
&= 2285303,625 \text{ N} + 1698042,92 \text{ N} - 1813664 \text{ N} \\
&= 2169682,545 \text{ N} \\
Mb &= Pb \times eb \\
&= Cc' \left(d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + Cs'(d - d'' - d') + T \cdot d'' \\
&= 2169682,545 \text{ N} \left(390,5 \text{ mm} - 165,5 \text{ mm} - \right. \\
&\quad \left. \frac{199,155 \text{ mm}}{2} \right) + 1813664 \text{ N} \cdot (390,5 \text{ mm} - 165,5 \text{ mm} - \\
&\quad - 59,5 \text{ mm}) + 906832 \cdot 165,5 \text{ mm} \\
&= 1110058173 \text{ Nmm} \\
e_b &= \frac{Mb}{Pb} \\
&= \frac{1110058173 \text{ Nmm}}{2169682,545 \text{ N}} \\
&= 511,63 \text{ mm} \\
Mn &= \frac{275972466,6 \text{ Nmm}}{0,65} \\
&= 424573025,5 \text{ Nmm} \\
Pu &= \frac{1098663,2 \text{ N}}{0,65} \\
&= 1690251,08 \text{ N} \\
e_{\text{perlu}} &= \frac{Mu}{Pu} \\
&= \frac{424573025,5 \text{ Nmm}}{1690251,08 \text{ N}} \\
&= 251,189 \text{ mm} \\
e_{\text{min}} &= (15,24 + 0,03h) \\
&= (15,24 + 0,03 \cdot 450 \text{ mm}) \\
&= 28,74 \text{ mm}
\end{aligned}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.1.2)

Kontrol kondisi

$$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_b$$

$$28,74 \text{ mm} < 251,189 \text{ mm} < 511,6 \text{ mm}$$

Maka kolom termasuk kondisi tekan menentukan

Kontrol kondisi tekan menentukan

$$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_b$$

$$28,74 \text{ mm} < 251,189 \text{ mm} < 511,6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} C_s' &= A_s' (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\ &= 4534,16 \text{ mm}^2 (400 \text{ MPa} - 0,85 \cdot 30 \text{ MPa}) \\ &= 1698042,92 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot X \\ &= 0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ MPa} \times 450 \text{ mm} \times X \\ &= 9753,75 \text{ N/mm} \cdot X \end{aligned}$$

Mencari nilai X :

$$a = 0,54 d$$

$$0,85X = 0,54 \cdot 390,5 \text{ mm}$$

$$X = 248,08 \text{ mm}$$

*(Desain Beton Bertulang CHU-KIA WANG CHARLES
G.SALMON hal. 423)*

Maka,

$$\begin{aligned} C_c' &= 9753,75 \text{ N/mm} \cdot 248,08 \text{ mm} \\ &= 2419733,25 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= A_s' \cdot f_s \\ &= A_s' \cdot \left(\frac{d}{x} - 1 \right) 600 \\ &= 4534,16 \text{ mm}^2 \cdot \left(\left(\frac{390,5}{248,08} \right) - 1 \right) \cdot 600 \\ &= 1561766,22 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\epsilon_s < \epsilon_y \quad (f_y > f_s)$$

$$\begin{aligned} \epsilon_s &= \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 0,003 \\ &= \left(\frac{390,5 \text{ mm}}{248,08 \text{ mm}} - 1 \right) \cdot 0,003 \\ &= 0,0017 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_s &= \epsilon_s \cdot E_s \\ &= 0,0017 \cdot 200000 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 344,44 \text{ MPa} \\
 \epsilon_y &= f_y / E_s \\
 &= 400 \text{ MPa} / 200000 \text{ MPa} \\
 &= 0,002 \\
 \epsilon_s &< \epsilon_y \\
 0,0017 &< 0,002 \text{ (OK)} \\
 P &= Cc' + Cs' \cdot T \\
 &= 2419733,25 \text{ N} + 1698042,92 \text{ N} - 1561766,222 \text{ N} \\
 &= 2556009,948 \text{ N} \\
 P &> P_b \\
 2556009,948 \text{ N} &> 2169682,545 \text{ N} \quad (\text{OK}) \\
 a &= 0,85 \cdot X \\
 &= 0,85 \cdot 248,08 \text{ mm} = 210,87 \text{ mm} \\
 M_{n_{\text{terpasang}}} &= Cc' \left(d - d'' - \frac{a}{2} \right) + Cs' (d - d'' - d') + T \cdot d'' \\
 &= 2419733,25 \text{ N} \cdot \left(390,5 \text{ mm} - 165,5 \text{ mm} - \frac{210,87 \text{ mm}}{2} \right) + 1698042,92 \text{ N} \cdot (390,5 \text{ mm} - 165,5 \text{ mm} - 59,5 \text{ mm}) + 1813664 \text{ N} \cdot 165,5 \text{ mm} \\
 &= 870502901,3 \text{ Nmm} \\
 \text{Cek syarat :} \\
 M_{n_{\text{terpasang}}} &> M_n \\
 870502901,3 \text{ Nmm} &> 424573025,5 \text{ Nmm} \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

- **Peninjauan Kolom Akibat Momen Arah Y**

Momen akibat kombinasi gempa output SAP 2000

$$M_{1s} = 33194600 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} = 54424800 \text{ Nmm}$$

Momen akibat pengaruh beban gravitasi output SAP 2000 kombinasi (1.2D+1L+1EX+0,3EY)

Akibat kombinasi:

$$M_{1ns} = 1697700 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 5665600 \text{ Nmm}$$

Menghitung faktor pembesaran momen (δ_s)

$$P_c = \frac{\pi^2 \times EI}{(K \times Lu)^2}$$

$$= \frac{\pi^2 \times 1,64 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2}{(1,29 \times 3525 \text{ mm})^2} = 7829504,118 \text{ N}$$

$$\Sigma P_c = n \times P_c$$

$$= 75 \times 7829504,118 \text{ N} = 587212808,8 \text{ N}$$

$$\Sigma P_u = n \times P_u$$

$$= 75 \times 1098663,2 \text{ N} = 82399740,15 \text{ N}$$

Dimana :

ΣP_c = jumlah seluruh kapasitas tekan kolom-kolom bergoyang pada suatu tingkat

ΣP_u = jumlah seluruh beban vertikal yang bekerja pada suatu tingkat (diambil dari output SAP)

(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10.7.4)

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\Sigma P_u}{0,75 \Sigma P_c}} \geq 1$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{82399740,1 \text{ N}}{0,75 \times 587212808,8 \text{ N}}} \geq 1$$

$$\delta_s = 1,23 \geq 1$$

Maka dipakai $\delta_s = 1,23$ dalam perhitungan perbesaran momen.

Pembesaran momen M :

Dari output SAP2000 diperoleh :

$$M_{1ns} = 1697700 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 5665600 \text{ Nmm}$$

$$M_{1s} = 33194600 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} = 54424800 \text{ Nmm}$$

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s}$$

$$= 1697700 \text{ Nmm} + (1,23 \times 33194600 \text{ Nmm})$$

$$= 42532386,69 \text{ Nmm}$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

$$= 5665600 \text{ Nmm} + (1,23 \times 54424800 \text{ Nmm})$$

$$= 72616940,74 \text{ Nmm}$$

Diambil momen terbesar yaitu

$$M_2 = 72616940,74 \text{ Nmm}$$

Maka Momen yang digunakan untuk menghitung kolom adalah $M_2 = 72616940,74 \text{ Nmm}$

- Penentuan ρ_{perlu} dari diagram interaksi

Dalam menentukan jumlah kebutuhan tulangan lentur kolom, digunakan Diagram Interaksi. Keterangan yang dibutuhkan dalam penggunaan Diagram Interaksi adalah

$$\begin{aligned}\mu h &= h \text{ kolom} - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - \emptyset \text{lentur} \\ &= 450 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - 19 \text{ mm} \\ &= 331 \text{ mm}\end{aligned}$$

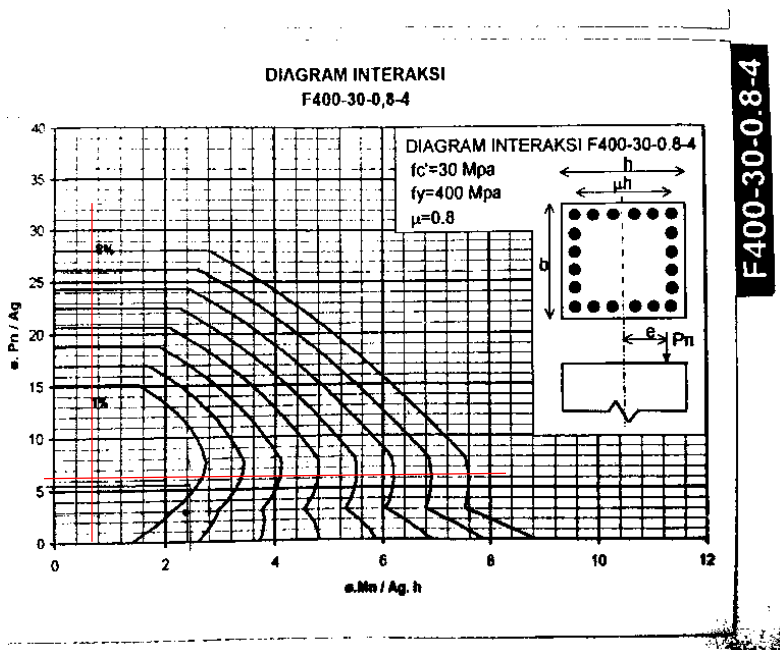
$$\mu = \frac{\mu h}{h \text{ kolom}} = \frac{331 \text{ mm}}{450 \text{ mm}} = 0,736$$

Sumbu Vertikal

$$\begin{aligned}\frac{\phi P_n}{A_g} &= \frac{P_u}{b \cdot h} \\ &= \frac{1098663,2 \text{ Nmm}}{450 \text{ mm} \times 450 \text{ mm}} = 5,426 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Sumbu Horizontal

$$\begin{aligned}\frac{\phi M_n}{A_g \cdot h} &= \frac{M_u}{b \cdot h^2} \\ &= \frac{72616840,74 \text{ Nmm}}{450 \text{ mm} \times (450 \text{ mm})^2} = 0,80 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$



Gambar 4.34 Diagram Interaksi Penulangan

Maka didapatkan $\rho_{\text{perlu}} = 1\% = 0,01$

- Penentuan tulangan lentur kolom

Luas tulangan lentur perlu

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times h$$

$$= 0,01 \times 450 \text{ mm} \times 450 \text{ mm}$$

$$= 2025 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan lentur

$$\text{Luas tulangan D19} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times (19 \text{ mm})^2$$

$$= 283,39 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan lentur pasang

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{luas tulangan D19}}$$

$$n = \frac{2025 \text{ mm}^2}{283,39 \text{ mm}^2}$$

$$= 7,16 \approx 8 \text{ buah}$$

Luasan tulangan lentur pasang

$$A_{s \text{ pasang}} = A_s'$$

$$= n \times (1/4 \cdot \pi \cdot d^2)$$

$$= 8 \times (1/4 \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2)$$

$$= 2267,08 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 8 D 19

- Prosentase Tulangan Terpasang

$$= \frac{A_s \text{ pasang}}{b \times h} \times 100\%$$

$$= \frac{2267,08 \text{ mm}^2}{450 \text{ mm} \times 450 \text{ mm}} \times 100\%$$

$$= 1,12 \% < 8\% \text{ (ok)}$$

Cek kondisi balance

$$d = 450 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 19 = 390,5 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 10 + \frac{1}{2} 19 = 59,5 \text{ mm}$$

$$d'' = 450 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 19 - \frac{1}{2} 450 = 165,5 \text{ mm}$$

$$x_b = \frac{600}{(600 + f_y)} d$$

$$= \frac{600}{(600 + 400 \text{ MPa})} 390,5 \text{ mm}$$

$$= 234,3 \text{ mm}$$

$$a_b = 0,85 \cdot x_b$$

$$= 0,85 \cdot 234,3 \text{ mm}$$

$$= 199,155 \text{ mm}$$

$$C_s' = A_s' (f_y - 0,85 \cdot f_c')$$

$$= 2267,08 \text{ mm}^2 (400 \text{ MPa} - 0,85 \cdot 30 \text{ MPa})$$

$$= 849021,46 \text{ N}$$

$$T = A_s' \cdot f_y$$

$$= 2267,08 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ N/mm}^2$$

$$= 906832 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
Cc' &= 0,85 \cdot \beta 1 \cdot fc' \cdot b \cdot xb \\
&= 0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ MPa} \times 450 \text{ mm} \times 234,3 \text{ mm} \\
&= 2285303,625 \text{ N} \\
Pb &= Cc' + Cs' - T \\
&= 2285303,625 \text{ N} + 849021,46 \text{ N} - 906832 \text{ N} \\
&= 2227493,085 \text{ N} \\
Mb &= Pb \times eb \\
&= Cc' \left(d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + Cs' (d - d'' - d') + T \cdot d'' \\
&= 2285303,625 \text{ N} \cdot \left(390,5 \text{ mm} - 165,5 \text{ mm} - \frac{199,155 \text{ mm}}{2} \right) + 849021,46 \text{ N} \cdot (390,5 \text{ mm} - 165,5 \text{ mm} - 59,5 \text{ mm}) + 906832 \text{ N} \cdot 165,5 \text{ mm} \\
&= 819464425,8 \text{ Nmm} \\
e_b &= \frac{Mb}{Pb} \\
&= \frac{819464425,8 \text{ Nmm}}{2227493,085 \text{ N}} \\
&= 367,89 \text{ mm} \\
Mn &= \frac{72616840,74 \text{ Nmm}}{0,65} \\
&= 111718216,5 \text{ Nmm} \\
Pu &= \frac{1098663,2 \text{ N}}{0,65} \\
&= 1690251,08 \text{ N} \\
e_{perlu} &= \frac{Mu}{Pu} \\
&= \frac{111718216,5 \text{ Nmm}}{1690251,08 \text{ N}} \\
&= 66,101 \text{ mm} \\
e_{min} &= (15,24 + 0,03h) \\
&= (15,24 + 0,03 \cdot 450 \text{ mm}) \\
&= 28,74 \text{ mm}
\end{aligned}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.1.2)

Kontrol kondisi

$$e_{min} < e_{perlu} < e_b$$

$$28,74 \text{ mm} < 66,10 \text{ mm} < 367,9 \text{ mm}$$

Maka kolom termasuk kondisi tekan menentukan

Kontrol kondisi tekan menentukan

$$e_{min} < e_{perlu} < e_b$$

$$28,74 \text{ mm} < 66,10 \text{ mm} < 367,9 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} C_s' &= A_s' (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\ &= 2267,08 \text{ mm}^2 (400 \text{ MPa} - 0,85 \cdot 30 \text{ MPa}) \\ &= 849021,46 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot X \\ &= 0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ MPa} \times 450 \text{ mm} \times X \\ &= 9753,75 \text{ N/mm} \cdot X \end{aligned}$$

Mencari nilai X :

$$a = 0,54 d$$

$$0,85X = 0,54 \cdot 390,5 \text{ mm}$$

$$X = 210,9 \text{ mm}$$

*(Desain Beton Bertulang CHU-KIA WANG CHARLES
G.SALMON hal. 423)*

Maka,

$$\begin{aligned} C_c' &= 9753,75 \text{ N/mm} \cdot 248,08 \text{ mm} \\ &= 2419733,25 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= A_s' \cdot f_s \\ &= A_s' \cdot \left(\frac{d}{x} - 1 \right) 600 \\ &= 2267,08 \text{ mm}^2 \cdot \left(\left(\frac{390,5}{248,08} \right) - 1 \right) \cdot 600 \\ &= 780883,1111 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\epsilon_s < \epsilon_y \quad (f_y > f_s)$$

$$\begin{aligned} \epsilon_s &= \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 0,003 \\ &= \left(\frac{390,5 \text{ mm}}{248,08 \text{ mm}} - 1 \right) \cdot 0,003 \\ &= 0,0017 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_s &= \epsilon_s \cdot E_s \\ &= 0,0017 \cdot 200000 \text{ MPa} \\ &= 344,44 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_y &= f_y / E_s \\ &= 400 \text{ MPa} / 200000 \text{ MPa} \\ &= 0,002 \end{aligned}$$

$$\varepsilon_s < \varepsilon_y$$

$$0,0017 < 0,002 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} P &= Cc' + Cs' - T \\ &= 2419733,25 \text{ N} + 849021,46 \text{ N} - 780883,1111 \text{ N} \\ &= 2487871,599 \text{ N} \end{aligned}$$

$$P > P_b$$

$$2487871,599 \text{ N} > 2227493,085 \text{ N} \quad (\text{OK})$$

$$a = 0,85 \cdot X$$

$$= 0,85 \cdot 248,08 \text{ mm} = 210,87 \text{ mm}$$

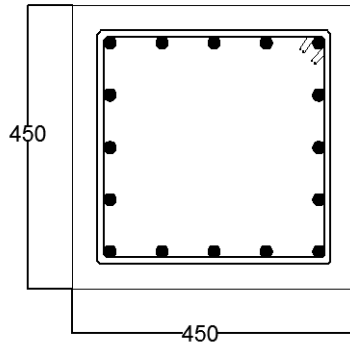
$$\begin{aligned} M_{n\text{terpasang}} &= Cc' \left(d - d'' - \frac{a}{2} \right) + Cs' (d - d'' - d') + T \cdot d'' \\ &= 2419733,25 \text{ N} \cdot \left(390,5 \text{ mm} - 165,5 \text{ mm} - \frac{210,87 \text{ mm}}{2} \right) + 849021,46 \text{ N} \cdot (390,5 \text{ mm} - 165,5 \text{ mm} - 59,5 \text{ mm}) + 906832 \text{ N} \cdot 165,5 \text{ mm} \\ &= 579909153,7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Cek syarat :

$$M_{n\text{terpasang}} > M_n$$

$$579909153,7 \text{ Nmm} > 111718216,5 \text{ Nmm} \text{ (memenuhi)}$$

Dari peninjauan tulangan lentur sumbu X dan sumbu Y maka pemasangan tulangan kolom didasarkan pada penulangan lentur terbesar yaitu pada peninjauan sumbu X. Sehingga pada perencanaan penulangan kolom bangunan gedung dipasang tulangan 16 D 19



Gambar 4.35 Detail penulangan

- Kontrol jarak spasi tulangan satu sisi

Syarat :

$$S_{\max} \geq S_{\text{sejajar}} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\max} \leq S_{\text{sejajar}} \rightarrow \text{perbesar penampang kolom}$$

$$S_{\max} = \frac{b - (2 t_{\text{selimut}}) - (2 \phi_{\text{geser}}) - (n \cdot \phi_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{450 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (5 \times 19)}{5 - 1}$$

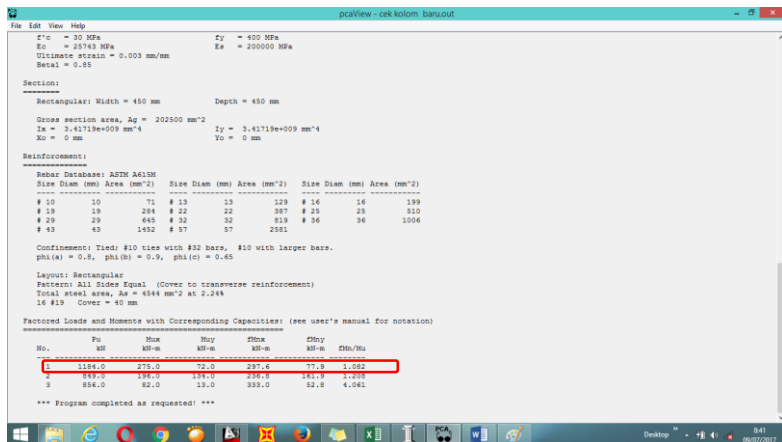
$$S_{\max} = 63,75 \text{ mm} > 40 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

maka tulangan lentur disusun 1 lapis

Cek dengan program pcaColumn

Semua output mengenai perhitungan dimasukkan ke dalam analisis pcaColumn, sehingga diperoleh grafik momen sebagai berikut :

| | |
|------------------------------|------------------------------|
| Mutu beton (f_c') | = 30 N/mm ² |
| Mutu baja tulangan (f_y) | = 400 N/mm ² |
| Modulus elastisitas | = 25742,96 N/mm ² |
| β_1 | = 0,85 |
| Dimensi kolom | = 450mm x 450mm |



Gambar 4.36 Hasil output pcaColoumn gaya lentur dan

Berdasarkan ooutput dari pcaColoumn

$$M_{ux} = 275,972 \text{ kNm} < M_{nx} = 297,6 \text{ kNm}$$

$$M_{uy} = 72,617 \text{ kNm} < M_{ny} = 77,9 \text{ kNm}$$

Jadi kolom dapat menahan gaya lentur dan aksial yang terjadi.

4.5.3.2 Perhitungan Tulangan Geser Kolom

Data Perencanaan :

h kolom : 450 mm

b kolom : 450 mm

Tebal selimut beton : 40 mm

Tinggi kolom : 3525 mm

Mutu beton (f_c') : 30 MPa

Kuat leleh tulangan lentur(f_y) : 400 MPa

Kuat leleh tulangan geser(f_{yv}) : 240 MPa

DiameterTulangan lentur : D19

Diameter Tulangan geser : $\phi 10$

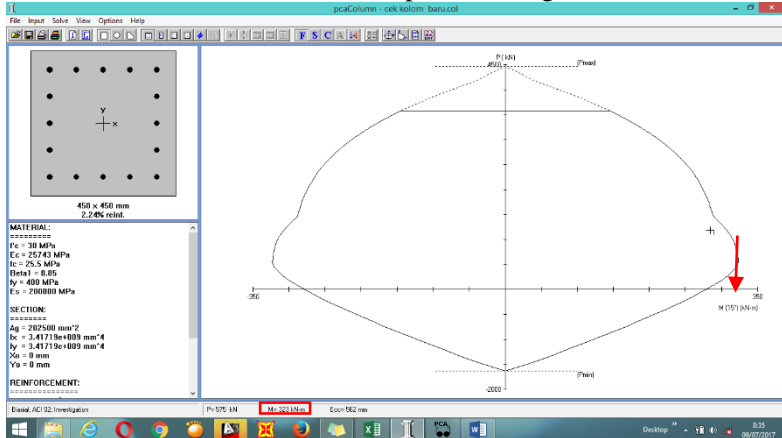
Faktor Reduksi : 0,75

(SNI 03-2847-2002 Pasal 11.3.2.(3))

Berdasarkan hasil out put progam SAP 2000, maka diperoleh hasil gaya pada kolom as C-15 lantai 1 sebagai berikut:

$$P_U (1,2D+1L+1EX+0,3EY) = 1184098,3 \text{ N}$$

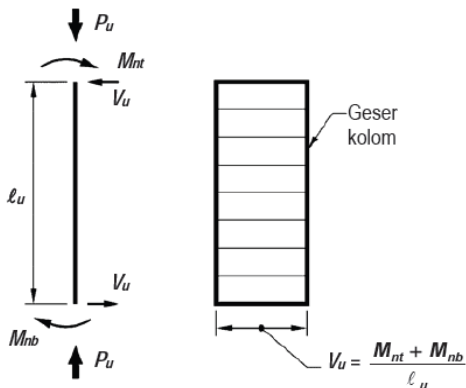
Gaya lintang rencana pada kolom untuk peninjauan SRPMM diambil dari hasil pcacolum sebagai berikut :



Gambar 4.37 Output Gaya pcaColoumn

$$M_{nt} = 323000000 \text{ Nmm}$$

$$M_{nb} = 323000000 \text{ Nmm}$$



Gambar 4.38 Lintang rencana untuk SRPMM

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{l_u}$$

(SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.5)

Dimana :

M_{nt} = Momen nominal atas (top) kolom

M_{nb} = Momen nominal bawah (bottom) kolom

$$M_{nt} = \frac{M_{nt}}{\phi} = \frac{323000000}{0,75} = 430666667 \text{ Nmm}$$

$$M_{nb} = \frac{M_{nb}}{\phi} = \frac{323000000}{0,75} = 430666667 \text{ Nmm}$$

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{l_u}$$

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{M_{nt} + M_{nb}}{l_u} \\ &= \frac{430666667 + 430666667}{3525} \\ &= 244349,882 \text{ N} \end{aligned}$$

- Syarat Kuat Tekan Beton (f_c'):
Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 MPa
(SNI 2847-2013)

$$\sqrt{f_c'} \leq \frac{25}{3}$$

$$\sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \leq \frac{25}{3} \text{ N/mm}^2$$

$$5,48 \text{ N/mm}^2 \leq 8,33 \text{ N/mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

- Kekuatan geser pada beton :

$$V_c = 0,17 \left[1 + \frac{N_u}{14 \times A_g} \right] \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

$$\begin{aligned} &= 0,17 \left[1 + \frac{11184098,03 \text{ N}}{14 \times 202500 \text{ mm}^2} \right] \times 1 \times \sqrt{30} \times 450 \times 390,5 \\ &= 231962,957 \text{ N} \end{aligned}$$

SNI 03-2847-2013, Pasal 11.2.1.2

$$\emptyset V_c = 0,75 \times 231962,957 \text{ N} = 173972,218 \text{ N}$$

$$0,5 \times \emptyset V_c = 0,5 \times 173972,218 \text{ N} = 86986,109 \text{ N}$$

- Kuat geser tulangan geser :

$$\begin{aligned} V_{s_{\min}} &= \frac{1}{3} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \times 450 \times 390,5 \\ &= 58575 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{s_{\max}} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \times \sqrt{30} \times 450 \times 390,5 \\ &= 320828,488 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2V_{s_{\max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{2}{3} \times \sqrt{30} \times 450 \times 390,5 \\ &= 641656,976 \text{ N} \end{aligned}$$

- Cek kondisi penulangan geser :

Kondisi 1 :

$$V_u \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \rightarrow (\text{Tidak Perlu Tulangan Geser})$$

$$244349,882 \text{ N} \leq 85137,0266 \text{ N} (\text{tidak memenuhi})$$

Kondisi 2 :

$$0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset \cdot V_c \rightarrow (\text{Tulangan Geser}$$

Minimum)

$$85137,0266 \text{ N} \leq 244349,882 \text{ N} \geq 170274,053 \text{ N} (\text{tidak memenuhi})$$

Kondisi 3 :

$$\emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{s_{\min}}) \rightarrow (\text{Perlu Geser Minimum})$$

$$170274,053 \text{ N} \leq 244349,882 \text{ N} \geq 214205 \text{ N} (\text{tidak memenuhi})$$

Kondisi 4 :

$$\emptyset (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{s_{\max}}) \rightarrow (\text{Tulangan Geser})$$

$$214205 \text{ N} \leq 244349,882 \text{ N} \leq 410895 \text{ N} \text{ (memenuhi)}$$

Kondisi 5 :

$$\emptyset (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + 2 \cdot V_{s_{\max}}) \rightarrow \text{(Tulangan Geser)}$$

$$410895 \text{ N} \leq 244349,882 \text{ N} \leq 651517 \text{ N} \text{ (tidak memenuhi)}$$

Maka perencanaan penulangan geser kolom diambil berdasarkan *Kondisi 4*

$$\begin{aligned} V_s \text{ perlu} &= V_u - \emptyset V_c \\ &= 244349,882 \text{ N} - 0,75 \times 173972,218 \text{ N} \\ &= 70377,6637 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser $\emptyset 10 \text{ mm}$ dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v &= 0,25 \times \pi \times (d^2) \times n \text{ kaki} \\ &= 0,25 \times 3,14 \times (10^2) \times 2 \\ &= 157 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{157 \text{ mm}^2 \times 240 \times 390,5}{70293,3227 \text{ N}} \\ &= 209,323 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 4

$$\text{Direncanakan } S_{\text{pakai}} = 100 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{pakai}} &\leq \frac{d}{2} \\ 100 \text{ mm} &\leq 195,25 \text{ mm (memenuhi)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{pakai}} &\leq 600 \text{ mm} \\ 100 \text{ mm} &\leq 600 \text{ mm} \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

Sehingga dipakai tulangan geser $\emptyset 10 - 100 \text{ mm}$

Cek Persyaratan SPRMM Untuk Kekuatan Geser Kolom

- 1). Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.3.5.2, Spasi maksimum sengkang ikat yang dipasang pada rentang L_o

dari muka hubungan balok-kolom S_o . Spasi S_o tersebut tidak boleh melebihi :

- a) Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil,
 $S_o \leq 8 \times D \text{ lentur}$
 $100 \text{ mm} \leq 8 \times 19 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} \leq 128 \text{ mm}$ (Memenuhi)
- b) 24 kali diameter sengkang ikat,
 $S_o \leq 24 \times \varnothing \text{sengkang}$
 $10 \text{ mm} \leq 24 \times 10 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm}$ (Memenuhi)
- c) Setengah dimensi penampang terkecil komponen struktur,
 $S_o \leq 1/2 \times b_w$
 $100 \text{ mm} \leq 1/2 \times 450 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} \leq 225 \text{ mm}$ (Memenuhi)
- d) $S_o \leq 300 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm}$ (Memenuhi)

Maka, dipakai S_o sebesar $\varnothing 10 - 100 \text{ mm}$.

Direncanakan $L_o = 550 \text{ mm}$

Panjang L_o tidak boleh kurang dari pada nilai terbesar berikut ini :

- a) Seperenam tinggi bersih kolom,

$$L_o > \frac{1}{6} \times (3525 - 550)$$

$$L_o > \frac{1}{6} \times 2975$$

$$L_o > 495,83 \text{ mm}$$
- b) Dimensi terbesar penampang kolom
 $L_o > 450 \text{ mm}$
- c) $L_o > 450 \text{ mm}$

Maka dipakai L_o sebesar 550 mm

Sehingga dipasang sengkang sebesar $\varnothing 10 - 100 \text{ mm}$ sejarak 550 mm dari muka hubungan balok kolom.

- 2). Senggang ikat pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada $0,5 \times S_o = 0,5 \times 100 \text{ mm} = 50 \text{ mm}$ dari muka hubungan balok kolom.
- 3). Spasi senggang ikat pada seberang penampang kolom tidak boleh melebihi $2 \times S_o = 2 \times 100 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$. Maka pada daerah setelah sejarak $L_o = 550 \text{ mm}$ dari muka hubungan balok kolom tetap dipasang senggang sebesar $\varnothing 10 - 100 \text{ mm}$.

4.5.3.3 Perhitungan sambungan lewatan tulangan vertikal kolom

Berdasarkan **SNI 03-2847-2013 Pasal 12.16.1**, panjang lewatan minimum untuk sambungan lewatan tekan adalah $0,071 \times f_y \times d_b$, untuk $f_y = 400 \text{ Mpa}$ atau kurang, tetapi tidak kurang dari 300 mm.

$$0,071 \times f_y \times d_b \geq 300 \text{ mm}$$

$$0,071 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times 19 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm}$$

$$454,4 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm (Memenuhi)}$$

Maka panjang sambungan lewatan kolom sebesar 500 mm

4.5.3.4 Panjang penyaluran tulangan kolom

Berdasarkan **SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.3**, panjang penyaluran untuk tulangan D16 harus diambil sebesar :

$$l_d = \left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{2,1 \lambda \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b$$

$$l_d = \left(\frac{400 \text{ MPa} \times 1 \times 1}{2,1 \cdot 1 \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}}} \right) \cdot 19 \text{ mm}$$

$$l_d = 556,42 \text{ mm} \approx 600 \text{ mm}$$

Tabel 4.12 Rekapitulasi Penulangan Kolom

| Type kolom | Penulangan | |
|-------------------------|-------------------|-----------|
| Kolom Lantai 1 45/45 | Lentur | 16 D 19 |
| | Geser | Ø10 – 100 |
| Kolom Lantai 2 45/45 | Lentur | 16 D 19 |
| | Geser | Ø10 – 100 |
| Kolom Lantai 3 45/45 | Lentur | 16 D 19 |
| | Geser | Ø10 – 100 |
| Kolom Lantai 4 45/45 | Lentur | 16 D 19 |
| | Geser | Ø10 – 100 |
| Kolom Lantai 5 45/45 | Lentur | 16 D 19 |
| | Geser | Ø10 – 100 |

4.5.4 Perhitungan Volume Pembesian

Volume pembesian ditinjau dari dua portal, yaitu portal melintang dan portal memanjang, yang mana pada portal melintang terdiri dari kolom dan balok induk sedangkan pada kolom memanjang terdiri dari balok anak dan kolom.

4.5.4.1 Perhitungan volume pembesian balok

Perhitungan volume pembesian balok dibedakan menjadi 2 macam, yaitu tulangan utama dan sengkang. Berikut ini adalah contoh perhitungannya:

- **Perhitungan volume**

Perhitungan pembesian balok induk as 13 (A-B)

Lebar balok induk = 0,35 m

Tinggi balok induk = 0,50 m

D tulangan

Tulangan atas = 19 mm = 0,019 m

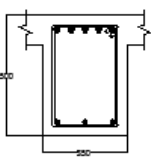
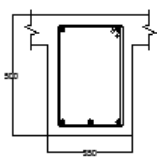
Tulangan sengkang = 10 mm = 0,010 m

Tulangan bawah = 19 mm = 0,019 m

Cover = 40 mm = 0,040 m

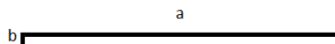
n tulangan atas = 5 buah

n tulangan bawah = 3 buah

| BI | |
|---|---|
| TUMPUAN | LAPANGAN |
|  |  |
| 350 x 500 | 350 x 500 |
| 5 D 19 | 2 D 19 |
| — | — |
| 3 D 19 | 2 D 19 |
| Ø10-100 | Ø10-200 |

Gambar 4.39 Detail tulangan balok induk

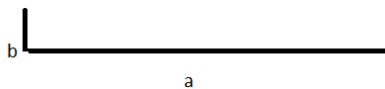
Tulangan utama atas (menerus)



Gambar 4.40 Potongan tulangan balok sisi atas

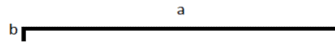
$$\begin{aligned}
 a &= \text{panjang balok} + (l_{dh}) \\
 &= 3,8 \text{ m} - \left(\frac{0,45 \text{ m}}{2}\right) + (0,30 \text{ m}) \\
 &= 3,875 \text{ m} \\
 b &= 12 \times d \\
 &= 12 \times 0,019 \text{ m} \\
 &= 0,228 \text{ m} \\
 \text{Panjang} &= a + b \\
 &= 3,875 \text{ m} + 0,228 \text{ m} \\
 &= 4,103 \text{ m} \\
 \text{Panjang total} &= 4,103 \text{ m} \times 2 \text{ buah} \\
 &= 8,206 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tulangan utama bawah (menerus)



Gambar 4.41 Potongan tulangan balok sisi bawah

$$\begin{aligned}
 a &= \text{panjang balok} + (l_{dh}) \\
 &= 3,8 \text{ m} - \left(\frac{0,45 \text{ m}}{2}\right) + (0,30 \text{ m}) \\
 &= 3,875 \text{ m} \\
 b &= 8 \times d \\
 &= 8 \times 0,019 \text{ m} \\
 &= 0,152 \text{ m} \\
 \text{Panjang} &= a + b \\
 &= 3,875 \text{ m} + 0,152 \text{ m} \\
 &= 4,027 \text{ m} \\
 \text{Panjang total} &= 4,027 \text{ m} \times 2 \text{ buah} \\
 &= 8,054 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tulangan tarik (tumpuan kiri)

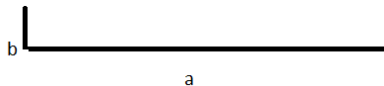
Gambar 4.42 Potongan tulangan tarik balok
tumpuan kiri

$$\begin{aligned} a &= \frac{1}{4} L_{\text{balok}} + L_{\text{dh}} + L_{\text{penyaluran tekan bs}} \\ &= 0,8375 \text{ m} + 0,6 \text{ m} + 0,3 \text{ m} \\ &= 1,7375 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= 12 \times d \\ &= 12 \times 0,019 \text{ m} \\ &= 0,228 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= a + b \\ &= 1,7375 \text{ m} + 0,228 \text{ m} \\ &= 1,9655 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang total} &= 1,9655 \text{ m} \times 3 \text{ buah} \\ &= 5,8965 \text{ m} \end{aligned}$$

Tulangan tekan (tumpuan kiri)

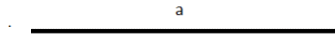
Gambar 4.43 Potongan tulangan tekan balok
tumpuan kiri

$$\begin{aligned} a &= \frac{1}{4} L_{\text{balok}} + L_{\text{dh}} + L_{\text{penyaluran tekan bs}} \\ &= 0,8375 \text{ m} + 0,3 \text{ m} + 0,3 \text{ m} \\ &= 1,4375 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= 8 \times d \\ &= 8 \times 0,019 \text{ m} \\ &= 0,152 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= a + b \\
 &= 1,4375 \text{ m} + 0,152 \text{ m} \\
 &= 1,5895 \text{ m} \\
 \text{Panjang total} &= 1,5895 \text{ m} \times 1 \text{ buah} \\
 &= 1,5895 \text{ m}
 \end{aligned}$$

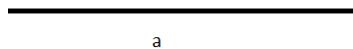
Tulangan tarik (tumpuan kanan)



Gambar 4.44 Potongan tulangan tarik balok tumpuan kanan

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{1}{4} L_{\text{balok}} + L_{\text{dh}} + \left(\frac{0,45 \text{ m}}{2} \right) \\
 &= 0,8375 \text{ m} + 0,6 \text{ m} + \left(\frac{0,45 \text{ m}}{2} \right) \\
 &= 1,6625 \text{ m} \\
 \text{Panjang} &= 1,6625 \text{ m} \\
 \text{Panjang total} &= 1,6625 \text{ m} \times 3 \text{ buah} \\
 &= 4,988 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tulangan tekan (tumpuan kanan)

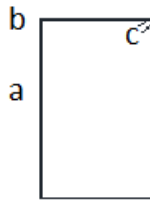


Gambar 4.45 Potongan tulangan tekan balok tumpuan kanan

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{1}{4} L_{\text{balok}} + L_{\text{dh}} + \left(\frac{0,45 \text{ m}}{2} \right) \\
 &= 0,8375 \text{ m} + 0,3 \text{ m} + \left(\frac{0,45 \text{ m}}{2} \right) \\
 &= 1,3625 \text{ m} \\
 \text{Panjang} &= 1,3625 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang total} &= 1,3625 \text{ m} \times 1 \text{ buah} \\ &= 1,3625 \text{ m}\end{aligned}$$

Tulangan sengkang



Gambar 4.46 Potongan sengkang balok

$$\begin{aligned}a_1 &= \text{lebar balok} - (2 \times \text{cover}) \\ &= 0,35 \text{ m} - (2 \times 0,04) \\ &= 0,27 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}a_2 &= \text{tinggi balok} - (2 \times \text{cover}) \\ &= 0,50 \text{ m} - (2 \times 0,04) \\ &= 0,42 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}b &= \frac{90^\circ}{360^\circ} \times 2\pi r \\ &= \frac{90^\circ}{360^\circ} \times 2\pi(4 \times 0,010) \\ &= 0,063 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}c &= 2,5 \times d \\ &= 0,0475 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang} &= 2a_1 + 2a_2 + 4b_1 + 2c \\ &= 2(0,27 \text{ m}) + 2(0,42 \text{ m}) + 4(0,063 \text{ m}) \\ &\quad + 2(0,0475 \text{ m}) \\ &= 1,727 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Banyak sengkang tumpuan} &= \frac{1,675 \text{ m}}{0,1 \text{ m}} + 1 \\ &= 18 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Banyak sengkang lapangan} &= \frac{1,675 \text{ m}}{0,2 \text{ m}} + 1 \\ &= 9 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total banyak sengkang} &= 27 \text{ buah} \\
 \text{Panjang total} &= 1,727 \text{ m} \times 27 \text{ buah} \\
 &= 46,629 \text{ m} \\
 \text{Panjang tulangan } \emptyset 10 &= 46,629 \text{ m} \\
 &= 46,629 \text{ m} / 12 \text{ m} \\
 &= 3,8875 \text{ lonjor} \approx 4 \text{ lonjor} \\
 \text{Panjang tulangan D19} &= 8,206 \text{ m} + 8,054 \text{ m} + \\
 &\quad 5,896 \text{ m} + 1,590 \text{ m} + \\
 &\quad 4,988 \text{ m} + 1,363 \text{ m} \\
 &= 30,097 \text{ m} / 12 \text{ m} \\
 &= 2,508 \text{ lonjor} \approx 3 \text{ lonjor}
 \end{aligned}$$

Dengan perhitungan seperti cara diatas dihitung pula untuk tulangan balok induk (B1 35/50) pada bentang selanjutnya dan diperoleh volume total tulangan balok induk satu portal melintang yang dibutuhkan sebagai berikut :

Tabel 4.13 volume tulangan balok induk

| Diameter | total lonjor (1 rantai) | total lonjor (1 portal) | berat (kg) 1 rantai |
|----------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 19 | 10 | 50 | 44,490 |
| 10 | 15 | 75 | 2,46 |

Selanjutnya dengan perhitungan seperti cara diatas dihitung pula untuk tulangan balok type yang lain. Dari perhitungan itu didapat volume total tulangan balok anak (BA 25/30) yang dibutuhkan dalam satu portal memanjang adalah :

Tabel 4.14 volume tulangan balok anak

| Diameter | total lonjor (1 lantai) | total lonjor (1 potal) | berat (kg) 1 lantai |
|----------|-----------------------------|----------------------------|------------------------|
| 13 | 47 | 235 | 77,07 |
| 10 | 77 | 385 | 17,25 |

4.5.4.2 Perhitungan volume pembesian kolom

Pekerjaan pembesian kolom dibagi menjadi dua macam, tulangan utama dan sengkang. Berikut ini adalah contoh perhitungannya :

- **Perhitungan volume**

Perhitungan kolom A-13

Lebar kolom = 0,45 m

Tinggi kolom = 0,45 m


D tulangan

Tulangan utama = 19 mm = 0,019 m

Tulangan sengkang = 10 mm = 0,010 m

Cover = 40 mm

n tulangan utama = 16 buah

| KOLOM | K1 |
|---|---------------|
| LEVEL | |
| <p>LANTAI 5</p>  <p>LANTAI DASAR</p> | |
| DIMENSI | 400 x 400 |
| TULANGAN UTAMA | 16 ϕ 19 |
| SENGKANG | ϕ 10-100 |
| NUTU | f_c 30 |

Gambar 4.47 Detail tulangan kolom

Tulangan utama (menerus)

Gambar 4.48 Potongan tulangan kolom sisi atas

a = tinggi kolom

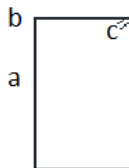
= 3,525 m

b = panjang sambungan

= 0,840 m

Panjang total = 4,365 m x 16 buah

= 69,84 m

Tulangan sengkang

Gambar 4.49 Potongan sengkang kolom

a1 = lebar balok – (2 x cover)

= 0,45 m – (2 x 0,04)

= 0,37 m

a2 = tinggi balok – (2 x cover)

= 0,50 m – (2 x 0,04)

= 0,42 m

$$\begin{aligned}
 b &= \frac{90^\circ}{360^\circ} \times 2\pi r \\
 &= \frac{90^\circ}{360^\circ} \times 2\pi(4 \times 0,010) \\
 &= 0,063 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= 2,5 \times d \\
 &= 0,0475 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= 2a_1 + 2a_2 + 4b_1 + 2c \\
 &= 2(0,37 \text{ m}) + 2(0,37 \text{ m}) + 4(0,063 \text{ m}) + \\
 &\quad 2(0,0475 \text{ m}) \\
 &= 1,827 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Banyaknya sengkang} = \frac{3,525 \text{ m}}{0,10 \text{ m}} + 1 = 36 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang total} &= 1,827 \text{ m} \times 36 \text{ buah} \\
 &= 65,772 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang tulangan D19} &= 69,84 \text{ m} \\
 &= 69,84 \text{ m} / 12 \text{ m} \\
 &= 5,82 \text{ m} \approx 6 \text{ lonjor}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang tulangan } \emptyset 10 &= 65,772 \text{ m} \\
 &= 65,772 \text{ m} / 12 \text{ m} \\
 &= 5,481 \text{ m} \approx 6 \text{ lonjor}
 \end{aligned}$$

Dengan perhitungan seperti cara diatas dihitung pula untuk tulangan kolom pada bentang selanjutnya dan diperoleh volume tulangan kolom dalam satu portal melintang yang dibutuhkan sebagai berikut :

Tabel 4.15 volume tulangan kolom

| Diameter | total lonjor (1 as) | total lonjor (1 portal) | berat (kg) 1 lantai |
|----------|-------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 19 | 26 | 130 | 11,12 |
| 10 | 25 | 125 | 3,08 |

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil analisis yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Perencanaan stuktur gedung beton bertulang didaerah zona 3 dapat dirancang dengan metode sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM) dengan perhitungan gempa statik ekivalen yang periode ulangnya 10 % dalam 50 tahun dimana bangunan gedung perkuliahan masuk dalam kategori resiko IV yang nilai $R = 5$.
2. Dari keseluruhan pembahasan yang telah diuraikan merupakan hasil dari perhitungan Gedung Kozko Citraland Surabaya dengan menggunakan metode SRPMM. Dari perhitungan tersebut diperoleh hasil sebagai berikut :
 - a. Komponen pelat tangga

Tabel 5.1 Rekapitulasi pelat tangga

| Tipe | Arah X | | Susut Arah X | | Arah Y | | Susut Arah Y | |
|------------------------------|--------|-----|--------------|-----|--------|-----|--------------|-----|
| | Ø | s | Ø | s | Ø | s | Ø | s |
| | mm | mm | mm | mm | mm | mm | mm | mm |
| Pelat tangga Lift lantai 2-4 | 12 | 125 | 8 | 200 | 12 | 125 | 8 | 200 |
| Plat bordes tangga lift | 10 | 100 | 8 | 200 | 10 | 200 | - | - |

| | | | | | | | | |
|----------------------------|----|-----|---|-----|----|-----|---|-----|
| Plat tangga samping | 16 | 100 | 8 | 200 | 16 | 150 | 8 | 200 |
| Plat bordes tangga samping | 19 | 125 | 8 | 200 | 19 | 150 | - | - |

b. Komponen pelat lantai

Tabel 5.2 Rekapitulasi pelat lantai

| Tipe | | Arah X | | Susut Arah X | | Arah Y | | Susut Arah Y | |
|------|---|--------|-----|--------------|-----|--------|-----|--------------|-----|
| | | Ø | S | Ø | S | Ø | s | Ø | s |
| | | Mm | Mm | mm | Mm | Mm | mm | mm | mm |
| S1 | L | 10 | 200 | 8 | 200 | - | - | 8 | 200 |
| | T | 10 | 200 | 8 | 200 | - | - | 8 | 200 |
| S2 | L | 10 | 150 | 8 | 200 | 10 | 150 | 8 | 200 |
| | T | 10 | 150 | 8 | 200 | 10 | 150 | 8 | 200 |

c. Komponen Balok

Tabel 5.3 Rekapitulasi balok

| Tipe balok | Benta ng balok | Dime nsi | Tulan gan torsi | Tulangan Lentur | | | | Tulangan geser | |
|------------|----------------|----------|-----------------|-----------------|--------|-----------|--------|----------------|-----------|
| | Cm | Cm | | Tumpunan | | Lapanga n | | Tump uan | Lapa ngan |
| | | | | Tari k | Tek an | Ta rik | Tek an | | |
| B1 | 330 | 35/50 | - | 5 D 19 | 3 D 19 | 2D 19 | 2D 19 | Ø10-100 | Ø10-200 |

| | | | | | | | | | |
|------|-----|-------|------|-----------|-----------|----------|----------|-------------|-------------|
| BA | 600 | 25/30 | 2Ø10 | 4 D 13 | 3 D 13 | 3D 13 | 2D 13 | Ø10- 100 | Ø10- 150 |
| B3-B | 220 | 25/30 | 2Ø10 | 4 D 16 | 2 D 16 | 2D 16 | 2D 16 | Ø10- 100 | Ø10- 150 |
| B3-A | 220 | 25/30 | 2Ø10 | 2 D 16 | 2 D 16 | 2D 16 | 2D 16 | Ø10- 100 | Ø10- 150 |

d. Komponen Kolom

Tabel 5.4 Rekapitulasi kolom

| <i>Tipe kolom</i> | <i>Penulangan</i> | |
|-------------------------|-------------------|-----------|
| Kolom Lantai 1 45/45 | Lentur | 16 D 19 |
| | Geser | Ø10 – 100 |
| Kolom Lantai 2 45/45 | Lentur | 16 D 19 |
| | Geser | Ø10 – 100 |
| Kolom Lantai 3 45/45 | Lentur | 16 D 19 |
| | Geser | Ø10 – 100 |
| Kolom Lantai 4 45/45 | Lentur | 16 D 19 |
| | Geser | Ø10 – 100 |
| Kolom Lantai 5 45/45 | Lentur | 16 D 19 |
| | Geser | Ø10 – 100 |

e. Volume pembesian portal melintang

Tabel 5.5 Rekapitulasi volume pembesian portal melintang

| NO. | STR | TYPE | DIMENSI | DIMENSI BESI | TOTAL KEBUTUHAN | |
|-----|-----------------|------|---------|-----------------|-----------------|------------|
| | | | | | LONJOR | BERAT (kg) |
| 1 | BAILOK INDUK | BI | 35/50 | 19 | 50 | 222,448 |
| | | | | 10 | 75 | 12,324 |
| 2 | KOLOM | K1 | 45/45 | 19 | 130 | 55,612 |
| | | | | 10 | 125 | 15,405 |

f. Volume pembesian portal memanjang

Tabel 5.6 Rekapitulasi volume pembesian portal memanjang

| NO. | STR | TYPE | DIMENSI | DIMENSI BESI | TOTAL KEBUTUHAN | |
|-----|---------------|------|---------|-----------------|-----------------|------------|
| | | | | | LONJOR | BERAT (kg) |
| 1 | BALOK ANAK | BA | 25/30 | 13 | 235 | 385,310 |
| | | | | 10 | 385 | 86,27 |

5.2 Saran

1. Dalam pengumpulan data perencanaan perlu didapatkan dengan lengkap mulai gambar arsitek dan stuktur asli dari pihak pemilik data dan juga data tanah sebagai data primer perencanaan perhitungan.
2. Untuk proses perhitungan perencanaan menggunakan referensi yang sesuai dengan keilmuan yang dipelajari dari semester 1 sampai 6.
3. Penentuan preliminary desain stuktur primer harus mempertimbangan efesiensi dari ukuran yang digunakan

seperti mempertimbangan kemudahan dalam pelaksanaan, kemampuan penampang.

4. Pertahankan apa yang telah dikerjakan, selama perencanaan maupun perhitungan yang dilakukan tidak keluar dari koridor peraturan

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Standarisasi Nasional, **“Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013)”**, Jakarta, 2013.
2. Badan Standarisasi Nasional, **“Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain(SNI 1727-2013)”** Jakarta, 2013.
3. Badan Standarisasi Nasional, **“Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung(SNI 1726-2012)”**, Jakarta, 2012.
4. Husin,Nur Ahmad,ST.2009.”**Struktur Beton**”.Surabaya
5. Kementrian Pekerjaan Umum. 2010. Peta Hazzard Gempa Indonesia 2010 sebagai Acuan Dasar Perencacnaan dan Perancangan Infrastruktur. Jakarta; Kementrian Pekerjaan Umum.
6. Laboratorium Beton dan Bangunan FTSP ITS. 1992. **“Tabel Grafik dan Diagram Interaksi untuk Perhitungan Struktur Beton”**.Surabaya

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

A. DATA HASIL UJI TANAH SPT



LABORATORIUM PENGUJIAN TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

| BORING LOG | | | | | | | | | | | |
|--|----------|---------------|------------|-------------------|-------------------------------------|--|---------------------------|--------------|--------------|-------|--|
| PROJECT NAME: PENGEMBANGAN RSUD MAMUJU PROV. SUL-BAR | | | | | BORE HOLE No. : BH 2 RSUD MAMUJU | | | | | | |
| LOCATION : RSUD MAMUJU | | | | | DATE STARTED : 02 / 11 / 2015 | | | | | | |
| COORDINATES : S. 02.69144, E. 118.86155 | | | | | DATE FINISHED : 03 / 11 / 2015 | | | | | | |
| BORING METHODE : ROTARY CORE DRILLING | | | | | BORMASTER : Asep Tia | | | | | | |
| GROUND ELEVATION : | | | | | CHECKED BY : Abdul Nabi, S.T., M.T. | | | | | | |
| GROUND WATER LEVEL : - 2.50 m | | | | | TOTAL DEPTH : 13 m | | | | | | |
| Depth (m) | G.W. (m) | Sampling Unit | Boring Log | Core Recovery (%) | Tinggi | Soil Description | STANDARD PENETRATION TEST | | | | |
| | | | | | | | N1 (0 - 15) | N2 (15 - 30) | N3 (30 - 45) | VALUE | |
| 1 | | | | 90 | 2,00 m | Lapisan Pasir Berlanau dan Berlempung, keras, membatu, kuning | | | | | |
| 2 | | 1 | | | | | 6 | 8 | 10 | 18 | |
| 3 | | | | | | | | | | | |
| 4 | | 2 | | | | Lapisan Pasir Berlanau dan Berlempung, keras, membatu, kuning keabuan | 15 | 21 | 23 | 44 | |
| 5 | | | | 90 | 6,00 m | | | | | | |
| 6 | | 3 | | | | | 17 | 23 | 26 | 49 | |
| 7 | | | | | | | | | | | |
| 8 | | 4 | | | | | 35 | 52 | 10 | >50 | |
| 9 | | | | | | | | | | | |
| 10 | | 5 | | | | Lapisan Batu Pasir Berlanau dan berlempung, keras, membatu, abu-abu kekuningan | 40 | 50 | 9 | >50 | |
| 11 | | | | 90 | 5,00 m | | | | | | |
| 12 | | 6 | | | | | 54 | 7 | | >50 | |
| 13 | | | | | | END OF HOLE 13.00 MGL | | | | | |

LEGEND
 Ground Water
 Undisturbed
 Standard

Makassar, 10 Nopember 2015
Kepala Laboratorium Pengujian Tanah
Politeknik Negeri Ujung Pandang

Abdul Nabi, S.T., M.T.
Nip. 19631231 199003 1 031

B. DATA SPESIFIKASI PLAFOND KALSIBOARD DAN PARTISI KALSIPART

NOVEMBER 2014

Daftar Harga **Kalsi**
Papan Bangunan Bebas Asbes

ARTISTIKA
Industries, Sejahtera
PT. POLA ARTISTIKA PERKASA

*Harga sudah termasuk PPN 10%
*Harga bisa berubah sewaktu-waktu
*Daftar harga ini sebagai acuan dalam
tawar-menawar harga sebenarnya

100% BEBAS ASBES
mengikuti standar internasional
ISO 9001:2008 & ISO 14001:2004

KalsiRata 3^a Plafon

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| 3.0 | 1000 | 1000 | 4.3 | 15,700 |
| * 3.0 | 500 | 1000 | 2.2 | 8000 |
| 3.0 | 1000 | 2000 | 8.6 | 34,550 |
| 3.0 | 500 | 2000 | 4.3 | 15,850 |

KalsiBoard Ling 3.5^a Plafon

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| 3.5 | 1220 | 2440 | 14.4 | 62,800 |
| 3.5 | 1200 | 2400 | 13.9 | 60,400 |

KalsiBoard Ling 4.5^a Plafon

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| 4.5 | 1220 | 2440 | 19.0 | 86,550 |
| 4.5 | 1200 | 2400 | 18.4 | 83,350 |

KalsiBoard Ling 6^a Plafon

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| 6.0 | 1220 | 2440 | 25.4 | 122,350 |
| 6.0 | 1200 | 2400 | 24.5 | 117,750 |
| * 6.0 | 1200 | 2700 | 27.6 | 132,450 |
| 6.0 | 1200 | 3000 | 30.7 | 148,600 |

KalsiBoard Ling 6-R2^a Plafon

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| 6.0 | 1220 | 2440 | 25.4 | 125,550 |
| 6.0 | 1200 | 2400 | 24.5 | 120,800 |
| * 6.0 | 1200 | 2700 | 27.6 | 135,900 |
| * 6.0 | 1200 | 3000 | 30.7 | 149,550 |

KalsiBoard Ling 6-R4^a Plafon

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| * 6.0 | 1220 | 2440 | 25.4 | 126,800 |
| 6.0 | 1200 | 2400 | 24.5 | 122,050 |

*ukuran yang dipaparkan berdasarkan pesanan

| | | | | |
|-----|------|------|------|---------|
| 6.0 | 1200 | 2700 | 27.6 | 137,200 |
| 6.0 | 1200 | 3000 | 30.7 | 152,500 |

KalsiPart 8^a Partisi

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| 8.0 | 1220 | 2440 | 34.8 | 164,850 |
| 8.0 | 1200 | 2400 | 33.6 | 158,600 |
| * 8.0 | 1200 | 2700 | 37.8 | 178,400 |
| * 8.0 | 1200 | 3000 | 42.1 | 196,150 |

KalsiPart 8-R2^a Partisi

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| 8.0 | 1220 | 2440 | 34.8 | 169,000 |
| * 8.0 | 1200 | 2400 | 33.6 | 162,650 |
| 8.0 | 1200 | 2700 | 37.8 | 183,000 |
| * 8.0 | 1200 | 3000 | 42.1 | 202,100 |

KalsiPart 8-R4^a Partisi

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| 8.0 | 1220 | 2440 | 34.8 | 176,650 |
| * 8.0 | 1200 | 2400 | 33.6 | 164,200 |
| 8.0 | 1200 | 2700 | 37.8 | 184,700 |
| 8.0 | 1200 | 3000 | 42.1 | 204,100 |

KalsiClad 10^a Dinding luar

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| 10 | 1220 | 2440 | 43.5 | 208,000 |
| 10 | 1200 | 2400 | 42.1 | 200,100 |
| * 10 | 1200 | 2700 | 47.3 | 225,100 |
| * 10 | 1200 | 3000 | 52.6 | 250,100 |

KalsiClad 12^a Dinding luar

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| 12 | 1220 | 2440 | 52.2 | 251,850 |
| 12 | 1200 | 2400 | 50.5 | 242,450 |
| * 12 | 1200 | 2700 | 56.8 | 272,450 |
| * 12 | 1200 | 3000 | 63.1 | 302,150 |

KalsiQuo 8^a Papan aplikasi Basah

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| 8.0 | 1200 | 2400 | 33.6 | 209,400 |

KalsiFloor 20^a Lantai

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| 20 | 1200 | 2400 | 84.11 | 553,000 |

*ukuran yang dipaparkan berdasarkan pesanan

KalsiPlank 8^a Siding plank & listplank

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| * 8.0 | 200 | 2400 | 5.6 | 31,500 |
| 8.0 | 200 | 3000 | 7.0 | 39,350 |
| 8.0 | 300 | 2400 | 8.4 | 47,150 |
| 8.0 | 300 | 3000 | 10.5 | 58,950 |

KalsiPlank 8-Jati^a Siding plank & listplank

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| 8.0 | 200 | 2400 | 5.6 | 33,000 |
| 8.0 | 200 | 3000 | 7.0 | 41,350 |
| 8.0 | 300 | 3000 | 10.5 | 62,000 |

KalsiPlank 12^a Siding plank & listplank

| Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Berat (kg) | Harga (Rupiah) |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|
| * 12 | 200 | 2400 | 8.4 | 46,450 |
| * 12 | 200 | 3000 | 10.5 | 57,900 |
| * 12 | 300 | 2400 | 12.6 | 68,350 |
| * 12 | 300 | 3000 | 15.8 | 86,700 |

Produk pelengkap untuk pengikatan & penyelesaian akhir papan Kalsi^a

| AKSESORIS BARU | Ukuran standar | Unit | Harga (Rupiah) |
|--|------------------------------------|--------|----------------|
| KalsiFuring MCR^a Profil universal untuk main runner selangang cross runner | 0,4x45x15x4000 milimeter (mm) | batang | 27,650 |
| KalsiFuring MJC^a Jenis cap untuk main runner & cross runner | 50x35x15 milimeter (mm) | buah | 2,200 |
| KalsiFuring AMP^a Aliran angle untuk kanger & wall angle | 0,55x20x20x4000 milimeter (mm) | batang | 14,850 |
| KalsiFuring LB^a L-bracket untuk penganggu | 40x20x20 milimeter (mm) | buah | 1,850 |
| KalsiFrame MT-51^a Metal track lebar 51 mm | 0,45x51x25x3000 milimeter (mm) | batang | 26,750 |
| KalsiFrame MS-51^a Metal track lebar 51 mm | 0,45x51x35x3000 milimeter (mm) | batang | 35,000 |
| KalsiNail 3-4.5^a Paku spiral untuk papan ketebalan 3-4.5 mm | #5 x 1 inch 3000 buah/box** | | 82,500 |
| KalsiScrew CE^a Sekrup dengan panjang 20 mm, untuk papan ketebalan 8 mm | #6 x 1 inch 1800 buah/box** | | 118,800 |
| KalsiScrew PC^a Sekrup dengan panjang 31 mm, untuk papan ketebalan 11 mm | #6 x 1 inch 1800 buah/box** | | 336,600 |
| KalsiScrew FL^a Sekrup dengan panjang 37 mm, untuk papan ketebalan 18 mm | #8 x 1 1/4 inch 1000 buah/box** | | 286,000 |
| KalsiType FG-50^a Isolasi pengikat sambungan aplikasi plafon & partisi | 50mmx50m | Roll | 28,750 |
| KalsiKompon IN-F^a Komponen untuk sambungan aplikasi dinding bangunan | 20 Kilogram (Kg) | Zak | 75,800 |

*ukuran yang dipaparkan berdasarkan pesanan **penjualan eksklusif NAL & SRECHV per kilogram 10 tons

C. DATA SPESIFIKASI ASPHALT

CERTIFICATE & TEST

FIVE STAR CERTIFICATE
ISO 9001:2015 QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
TEST REPORT ASTM A910
ISO 14001:2015 ENVIRONMENTAL MANAGEMENT SYSTEM
SGS CERTIFICATE

100% Asphalt
100% Recycled
100% Quality
100% Service

Standard :

1. National China Standard GB/T2474-2006
2. USA Testing ASTM 3462 (for laminated shingles)
3. USA Testing ASTM 3555 (Wind for laminated shingles)
4. USA Testing ASTM Class 4: Fireproof
5. USA Testing UL 790 Class A Fire
6. Europe CE Certificate
7. SGS Certificate
8. ISO 9001:2008: Quality Management

Shingles Type :

3 Tab Shingles
Laminated Shingles
Mosaic Shingles
Irregular Shingles

KEUNGGULAN MENGGUNAKAN ASPHALT SHINGLES :

1. Memiliki bobot yang ringan, 10,5 kg/M², sehingga memungkinkan untuk struktur atap yang ringan dan ekonomis.
2. Tahan terhadap cuaca yang ekstrem di Indonesia, tahan terhadap angin (97 km/jam).
3. Pektible, dapat mengikuti segala bentuk atap dengan kemiringan 22,5 - 90°.
4. Memiliki banyak pilihan warna untuk melengkapi keindahan penataan atap.
5. Bersifat water proofing, dikarenakan dari lapisan fiberglass dan aspal.
6. Pektible, sehingga dapat mengikuti bentuk atap yang di inginkan.

** untuk kemiringan kurang dari 25° disarankan dilapisi dengan penutuping khusus* dapat di konfirmasikan)*

ALASAN MEMILIH "ARCHI" ASPHALT SHINGLES :

1. Menghemat Tenaga dan waktu
Dengan Instalasi yang mudah membuat Shingles dapat dengan mudah terpasang, karena terdapat perekat pada sisi belakang.
2. Permukaan lem besar yang merata.
3. Menahan Tupan Angin yang Kencang
Dengan adanya lem perekat di bagian belakang dengan bidang yang besar, dapat menahan cunah hujang yang tinggi.
4. Sebagai Waterproofing yang baik.
Karena pada bagian belakang terdapat perekat dengan bidang yang besar, dapat menahan cunah hujang yang tinggi.
5. Tahan Lama
Dengan adanya perekat diisi belakang yang mempunyai bidang yang besar, membuat Shingles tahan akan sobekan.

PILIHAN WARNA :

ARCTIC BLACK
BROWN WOOD
SLATE GREY
ALUMINUM RED
ALUMINUM BROWN
SLATE GREY
TERRAZZO
CORK
CHATEAU GREEN
CORAL WHITE
OCEANIC TAN
BURNING RED

warna pilihan lebih detail akan dengan watermark

SPESIFIKASI :

| DESCRIPTION | 3 TAB SHINGLES / SINGLE LAYER | LAMINATED SHINGLES / DOUBLE LAYER | IRREGULAR SHAPE | MOZAIK SHINGLES |
|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Length | 1000 mm ± 3 mm | 1000 mm ± 3 mm | 1000 mm ± 3 mm | 1000 mm ± 3 mm |
| Width | 330 mm ± 5 mm - 3 mm | 330 mm ± 5 mm - 3 mm | 320 mm ± 5 mm - 3 mm | 320 mm ± 5 mm - 3 mm |
| Packing | 21 pcs/bal | 18 pcs/bal | 31 pcs/bal | 31 pcs/bal |
| Thickness | ≥ 2,6 mm | 2 mm | ≥ 2,6 mm | ≥ 2,6 mm |
| 1 Surface 3 m ² | 3 m ² 7 pcs | 2,22 m ² 7 pcs | 3 m ² 7 pcs | 3 m ² 7 pcs |

D. DATA SPESIFIKASI BATA RINGAN



Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

| | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| Panjang, l (mm) | : 600 |
| Tinggi, h (mm) | : 200 ; 400 |
| Tebal, t (mm) | : 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200 |
| Berat jenis kering (ρ) | : 530 kg/m ³ |
| Berat jenis normal (ρ) | : 600 kg/m ³ |
| Kuat tekan (σ) | : $\geq 4,0$ N/mm ² |
| Konduktifitas termis (λ) | : 0.14 W/mK |

| | | | | | | | |
|-------------------------------|----------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tebal | mm | 75 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 |
| Luas Dinding / m ³ | m ² | 13.33 | 10.00 | 8.00 | 6.67 | 5.71 | 5.00 |
| Isi / m ³ | Blok | 111.11 | 83.33 | 66.67 | 55.56 | 47.62 | 41.67 |

E. DATA SPESIFIKASI PLESTER D200 DAN ACIAN NP S450



DINDING



◆ Plester D200

- Dipergunakan untuk pekerjaan plester dan pasangan bata, ketebalan aplikasi 8-10 mm
- Memiliki daya rekat dan workability yang baik
- Daya sebar/zak $\approx 2-2.5 \text{ m}^2/10\text{mm}$



40kg

Acian dinding dan plester



◆ Acian S100

- Warna abu-abu muda
- Cocok untuk expose interior
- Dapat mengurangi terjadinya retak rambut
- Daya sebar/zak $\approx 10-12 \text{ m}^2/2\text{mm}$



30kg



◆ Acian NP S450

- Warna cream
- Cat lebih hemat
- Dapat mengurangi terjadinya retak rambut
- Daya sebar/zak $\approx 10-12 \text{ m}^2/2\text{mm}$
- 5-7 hari bisa langsung di cat



30kg



Acian dinding plester dan beton



◆ SKIMCOAT S200

- Daya rekat tinggi untuk beton dengan permukaan licin
- Mengurangi retak
- Daya sebar/zak $9-12 \text{ m}^2/30 \text{ kg}$

30kg



◆ SKIMKOT PUTIH S500

- Acian putih untuk ekspas dak beton (bagian dalam)
- Mengurangi retak
- Tanpa plamir dan cat dasar
- Menghemat cat
- Daya sebar/zak $9-11 \text{ m}^2/20 \text{ kg}$

20kg



◆ Thinbed 101 TB101

- Perekat bata ringan dengan ketebalan spesi antara 2 - 3 mm
- Memiliki daya rekat yang baik
- Daya sebar/zak $\approx 10-11 \text{ m}^2/3\text{mm}$ (40 kg) (ukuran blok $20 \times 60 \times 10 \text{ cm}$)
- Cepat dalam pengerjaannya



40kg

◆ Plester Ringan 1.6 S150

Plester aci bata ringan dalam 1 aplikasi

- Plester aci bata ringan (one coat system) dengan ketebalan spesi antara 5 - 8 mm
- Plester lebih ringan
- Daya sebar/zak $\approx 4.5-6.5 \text{ m}^2/5-8\text{mm}$ (50 kg) (ukuran blok $20 \times 60 \times 10 \text{ cm}$)
- Lebih cepat dan hemat dalam pekerjaan



50kg

Khusus Bata Ringan

◆ Concrete Fill R200

Memperbaiki retak & celah beton

- Bahan perekat/bonding dinding plester antara permukaan beton
- Sebagai bahan pengisi keropos pada beton, celah pada panel, dll
- Tebal aplikasi 3-15 mm



25kg 40kg

◆ Beton

Beton instan siap pakai

- Tersedia K 175, K 225, K300



50kg

◆ Bonding Agent L007

Bonding untuk beton dan mortar



1L

www.drymix.co.id

BIODATA PENULIS

Rizqhi Andriyono



Penulis dilahirkan di Sampang, 2 Desember 1995. Merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK ABA 3 madiun, SDN 03 Kanigoro Madiun, SMPN 01 Madiun, SMAN 03 Madiun. Setelah lulus dari SMAN 03 Madiun tahun 2014, penulis mengikuti seleksi tes masuk program DIII yang diselenggarakan oleh ITS dan diterima di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi tahun 2014 dan terdaftar dalam NRP 3114030072. Di departemen Teknik Infrastruktur Sipil, penulis mengambil bidang studi Bangunan Gedung. Penulis aktif mengikuti beberapa kegiatan seminar yang diselenggarakan oleh Departemen dan Fakultas. Selain itu penulis juga aktif dalam Himpuna Kemahasiswaan dalam dua periode serta kepanitiaan yang diselenggarakan di Departemen, Fakultas juga Institut.

Fatimatus Zahroh



Penulis dilahirkan di Sampang, 26 November 1996. Merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Bhayangkari Sampang, SDN Banyuanyar 1 Sampang, SMPN 1 Sampang, SMAN 1 Sampang. Setelah lulus dari SMAN 1 Sampang tahun 2014, penulis mengikuti seleksi tes masuk program DIII yang diselenggarakan oleh ITS dan diterima di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi tahun 2014 dan terdaftar dalam NRP 3114030071. Di

departemen Teknik Infrastruktur Sipil, penulis mengambil bidang studi Bangunan Gedung. Penulis aktif mengikuti beberapa kegiatan seminar yang diselenggarakan oleh Departemen dan Fakultas. Selain itu penulis juga aktif dalam berbagai organisasi serta kepanitiaan yang diselenggarakan di Departemen, Fakultas juga Institut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan ini dengan baik dan lancar. Tak lupa pula Nabi besar Muhammad SAW junjungan kita, semoga kita mendapatkan syafaatnya kelak diakhirat nanti. Tugas akhir terapan ini tidak bisa selesai dengan baik tanpa dukungan dari orang – orang yang turut serat membantu, baik berupa bimbingan, dorongan maupun berupa doa. Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Orang tua dan saudara – saudara yang tercinta, sebagai semangat, dan yang telah banyak memberi dukungan moril, maupun materil terutama doa yang tiada henti - hentinya
2. Bapak Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., PhD selaku dosen pembimbing, yang selalu membimbing kami dalam menyelesaikan tugas akhir terapan ini
3. Gusti Rining Saputri orang spesial, yang selalu mendoakan dan memberikan semangat serta amunisi selama menyelesaikan tugas akhir terapan ini. Terima kasih untuk semuanya
4. sahabat – sahabat yang saya sayangi, yaitu apri, vara, maya, mbak sulal, mbak atik, mbak lia, dan diah yang sangat membantu, memberi semangat, dan menemani saya disegala kondisi dari awal masuk ITS hingga sekarang
5. Teman – teman bangunan gedung 2014 (Anak Struktur) yang selalu memberi kabar setiap hari, semoga kita selalu kompak dan dilancarkan dalam semua urusan kita menuju keberhasilan
6. Teman – teman angkatan 2014 (DS35) atas dukungan serta doanya

TUGAS AKHIR TERAPAN - RC145501

LAMPIRAN GAMBAR

**PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG KOZKO CITRALAND
DENGAN METODE STRUKTUR RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH**

Mahasiswa

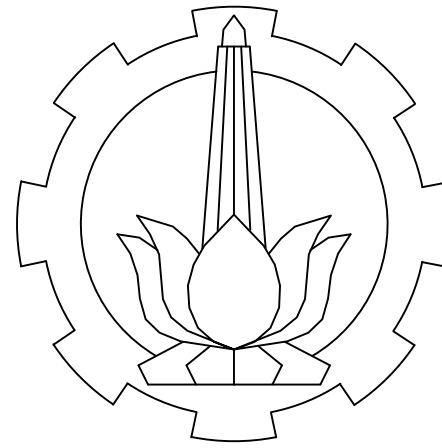
**RIZQHI ANDRIYONO
NRP. 3114030072**

**FATIMATUS ZAHROH
NRP. 3114030071**

Dosen Pembimbing

**Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., PhD
NIP. 19630726 198903 1 003**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

GAMBAR ARSITEKTUR DAN STUKTUR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG KOZKO CITRALAND DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

OLEH MAHASISWA :

NAMA : RIZQHI ANDRIYONO
NRP : 3114030072

NAMA : FATIMATUS ZAHROH
NRP : 3114030071

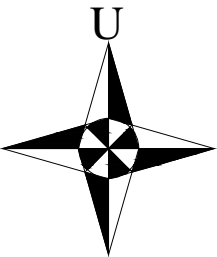
DOSEN PEMBIMBING :

NAMA : Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M. EngSc., PhD
NIP : 19630726 198903 003

DAFTAR GAMBAR

| NO. | JUDUL GAMBAR | NO. GBR |
|-----|-----------------------------------|---------|
| 01 | DENAH LANTAI DASAR & LANTAI 1 | ARS-01 |
| 02 | DENAH LANTAI 2 & LANTAI 3 | ARS-02 |
| 03 | DENAH LANTAI 4 & LANTAI ATAP | ARS-03 |
| 04 | TAMPAK DEPAN | ARS-04 |
| 05 | TAMPAK BELAKANG | ARS-05 |
| 06 | TAMPAK BARAT | ARS-06 |
| 07 | TAMPAK TIMUR | ARS-07 |
| 08 | POTONGAN A | ARS-08 |
| 09 | POTONGAN B | ARS-09 |
| 10 | POTONGAN B AS 5-7 | ARS-10 |
| 11 | DENAH BALOK DAN PELAT LANTAI 1 | STR-11 |
| 12 | DENAH BALOK DAN PELAT LANTAI 2 | STR-12 |
| 13 | DENAH BALOK DAN PELAT LANTAI 3 | STR-13 |
| 14 | DENAH BALOK DAN PELAT LANTAI 4 | STR-14 |
| 15 | DENAH BALOK DAN PELAT LANTAI ATAP | STR-15 |

| NO. | JUDUL GAMBAR | NO. GBR |
|-----|--------------------------------|---------|
| 16 | DENAH BALOK DAN PELAT AS 11-15 | STR-16 |
| 17 | DENAH KOLOM LANTAI 1 | STR-17 |
| 18 | DENAH KOLOM LANTAI 2 | STR-18 |
| 19 | DENAH KOLOM LANTAI 3 | STR-19 |
| 20 | DENAH KOLOM LANTAI 4 | STR-20 |
| 21 | TABEL BALOK & KOLOM | STR-21 |
| 22 | DETAIL PELAT S1 | STR-22 |
| 23 | DETAIL PELAT S2 | STR-23 |
| 24 | DETAIL TANGGA SAMPING | STR-24 |
| 25 | DETAIL TANGGA BELAKANG | STR-25 |
| 26 | PORTAL MEMANJANG | STR-26 |
| 27 | PORTAL MELINTANG | STR-27 |
| 28 | DETAIL PORTAL MEMANJANG | STR-28 |
| 29 | DETAIL PORTAL MELINTANG | STR-29 |



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
BANGUNAN GEDUNG KOZKO CITRALAND
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEM MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSC., PhD.

NAMA MAHASISWA 1

Rizqhi Andriyono
3114030072

NAMA MAHASISWA 2

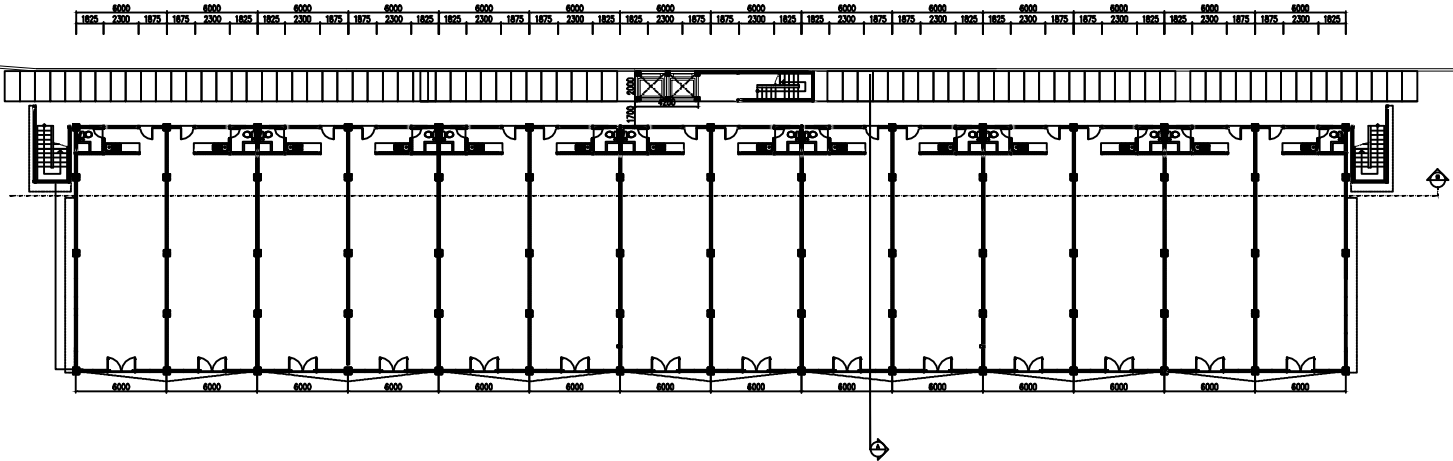
Fatimatus Zahroh
3114030071

KETERANGAN

NO LEMBAR

1

JUMLAH LEMBAR

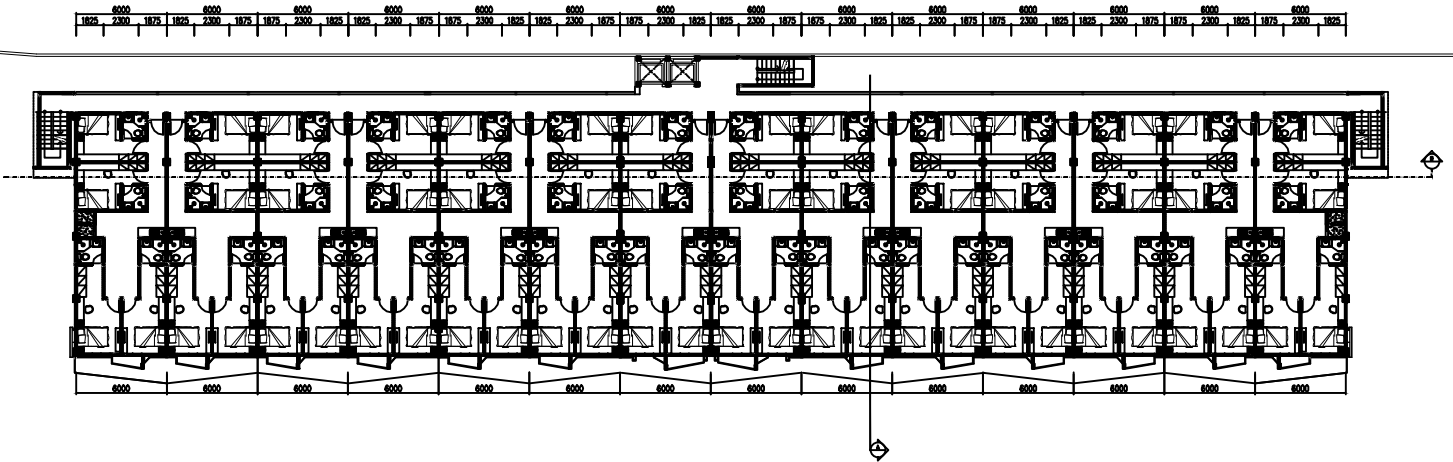


DENAH LANTAI DASAR

SKALA 1 : 500

01

ARS

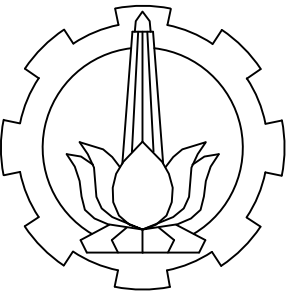


DENAH LANTAI 1

SKALA 1 : 500

01

ARS



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
BANGUNAN GEDUNG KOZKO CITRALAND
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEM MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSC., PhD.

NAMA MAHASISWA 1

Rizqhi Andriyono
3114030072

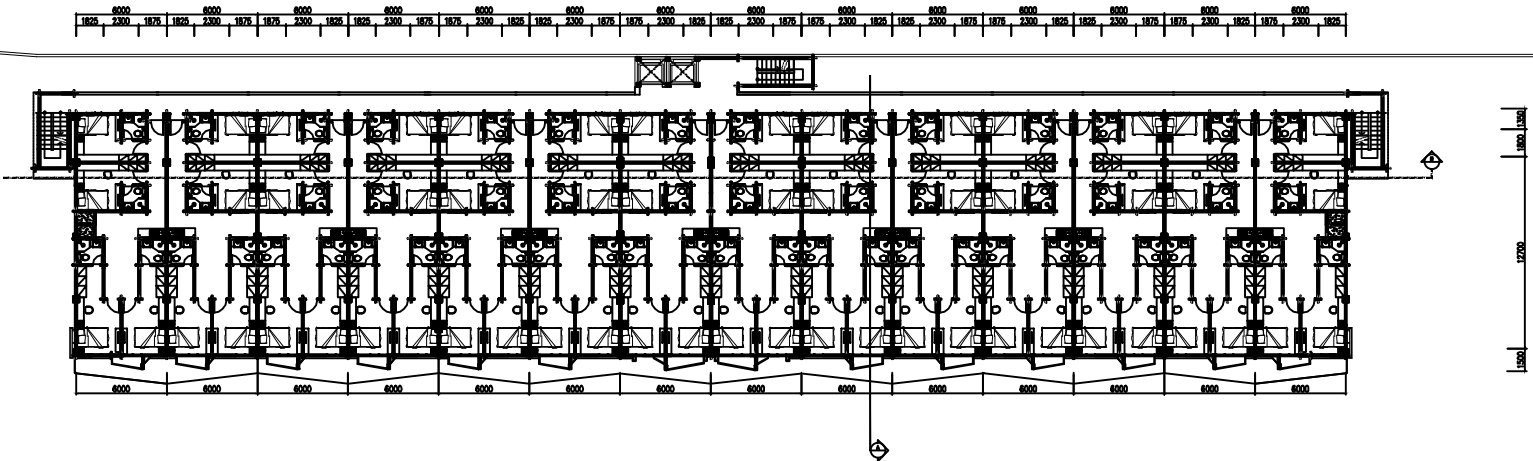
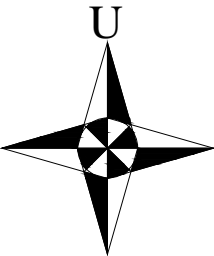
NAMA MAHASISWA 2

Fatimatus Zahroh
3114030071

KETERANGAN

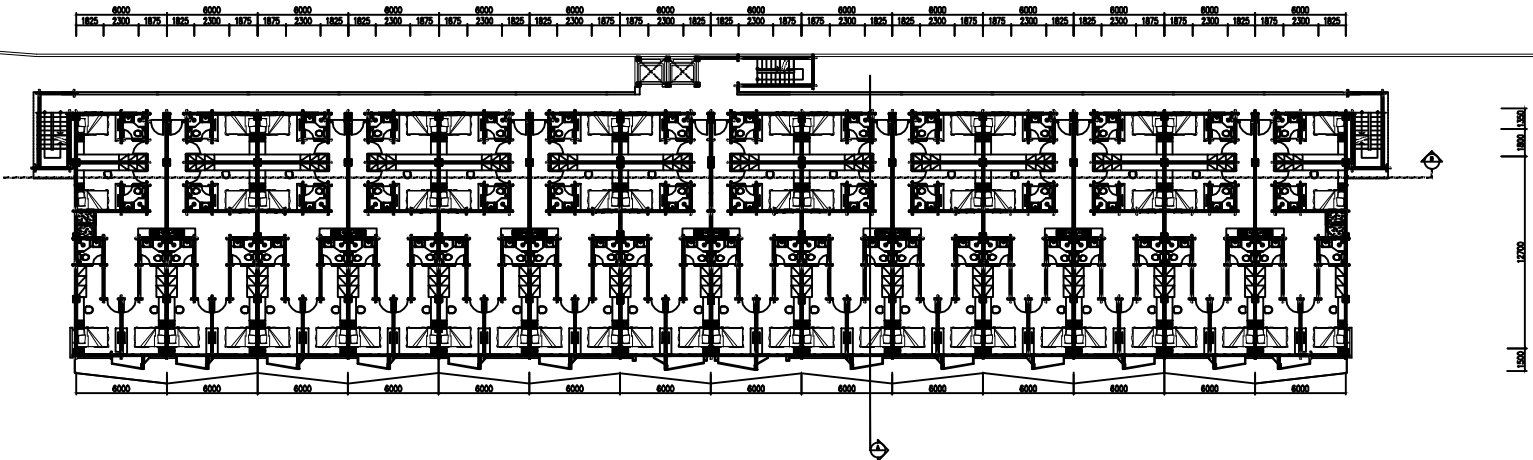
NO LEMBAR JUMLAH LEMBAR

2



DENAH LANTAI 2
SKALA 1 : 500

02
ARS
—



DENAH LANTAI 3
SKALA 1 : 500

02
ARS
—



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
BANGUNAN GEDUNG KOZKO CITRALAND
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEM MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSC., PhD.

NAMA MAHASISWA 1

Rizqhi Andriyono
3114030072

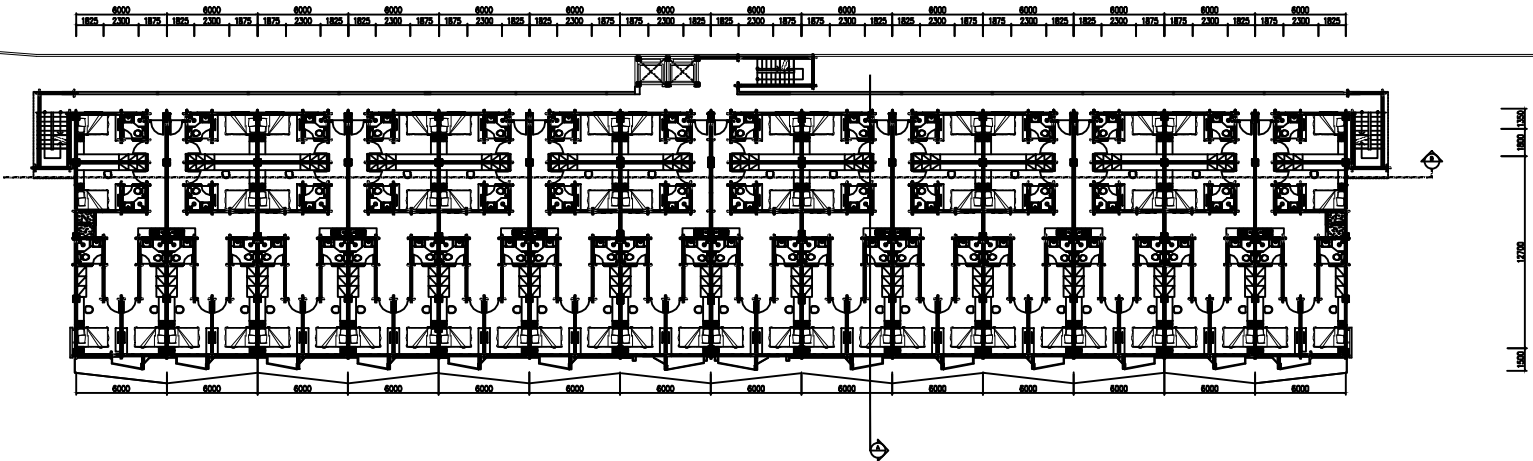
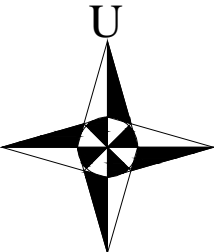
NAMA MAHASISWA 2

Fatimatus Zahroh
3114030071

KETERANGAN

NO LEMBAR JUMLAH LEMBAR

3



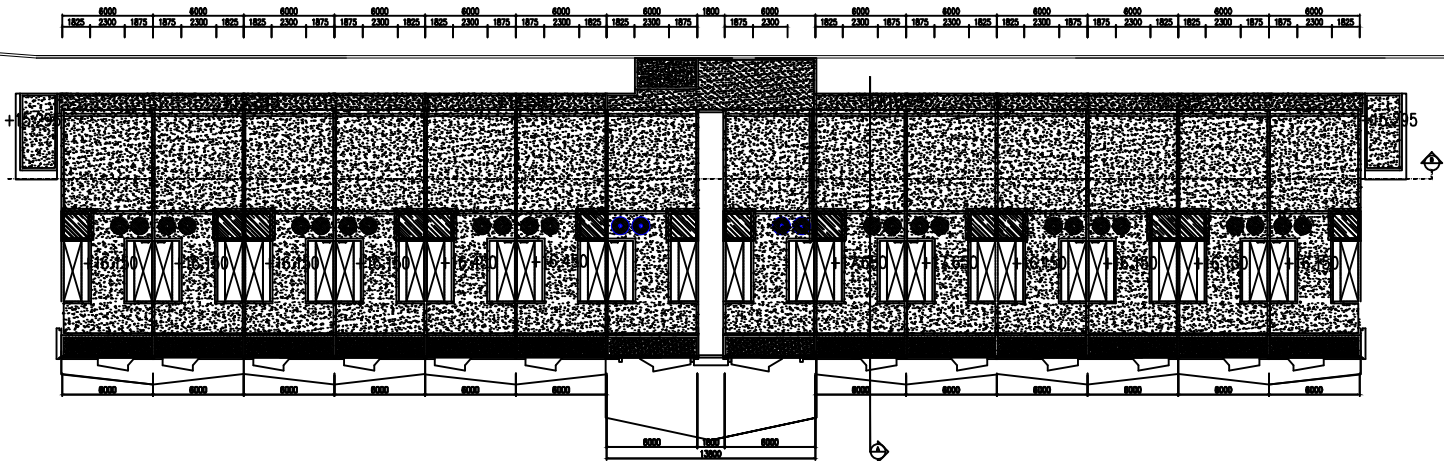
DENAH LANTAI 4

SKALA 1 : 500

03

ARS

—



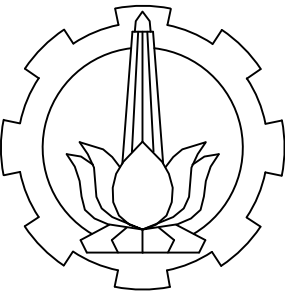
DENAH LANTAI ATAP

SKALA 1 : 500

03

ARS

—



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
BANGUNAN GEDUNG KOZKO CITRALAND
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEM MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSC., PhD.

NAMA MAHASISWA 1

Rizqhi Andriyono
3114030072

NAMA MAHASISWA 2

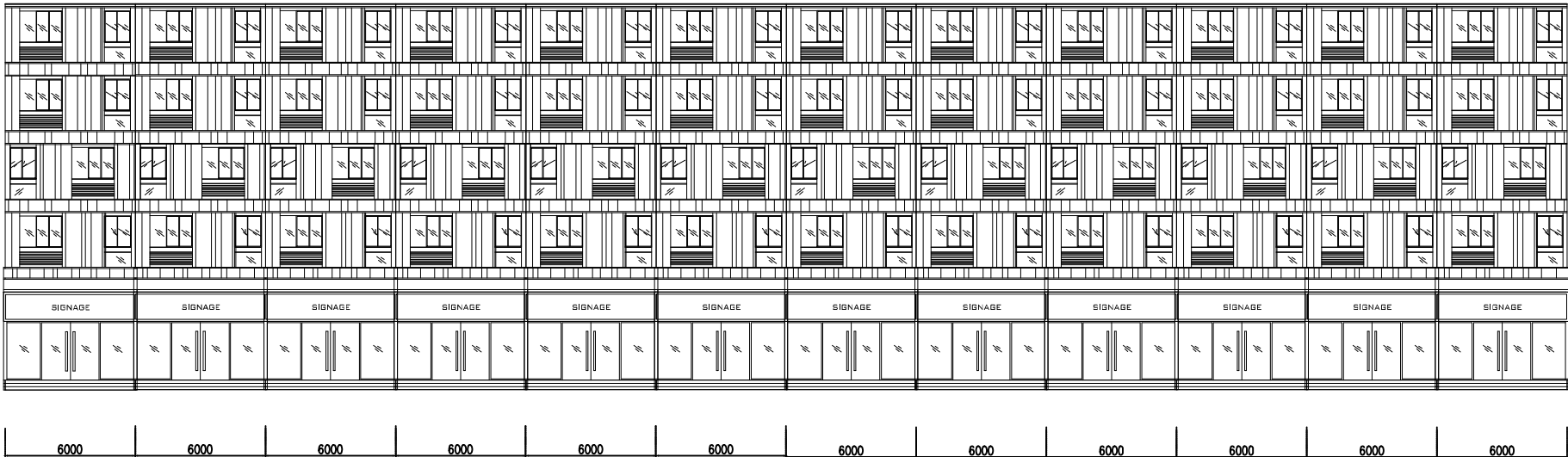
Fatimatus Zahroh
3114030071

KETERANGAN

NO LEMBAR

4

JUMLAH LEMBAR



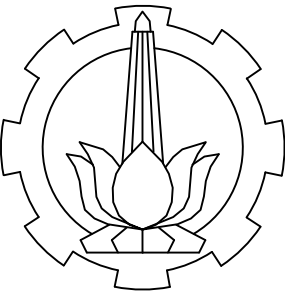
TAMPAK DEPAN

SKALA 1 : 300

04

ARS

—



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
BANGUNAN GEDUNG KOZKO CITRALAND
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEM MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSC., PhD.

NAMA MAHASISWA 1

Rizqhi Andriyono
3114030072

NAMA MAHASISWA 2

Fatimatus Zahroh
3114030071

KETERANGAN

NO LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

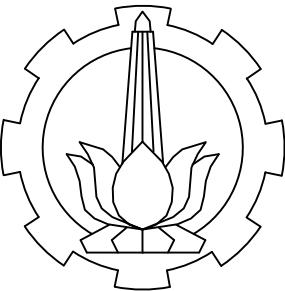
5



TAMPAK BELAKANG

SKALA 1 : 300





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
BANGUNAN GEDUNG KOZKO CITRALAND
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEM MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSC., PhD.

NAMA MAHASISWA 1

Rizqhi Andriyono
3114030072

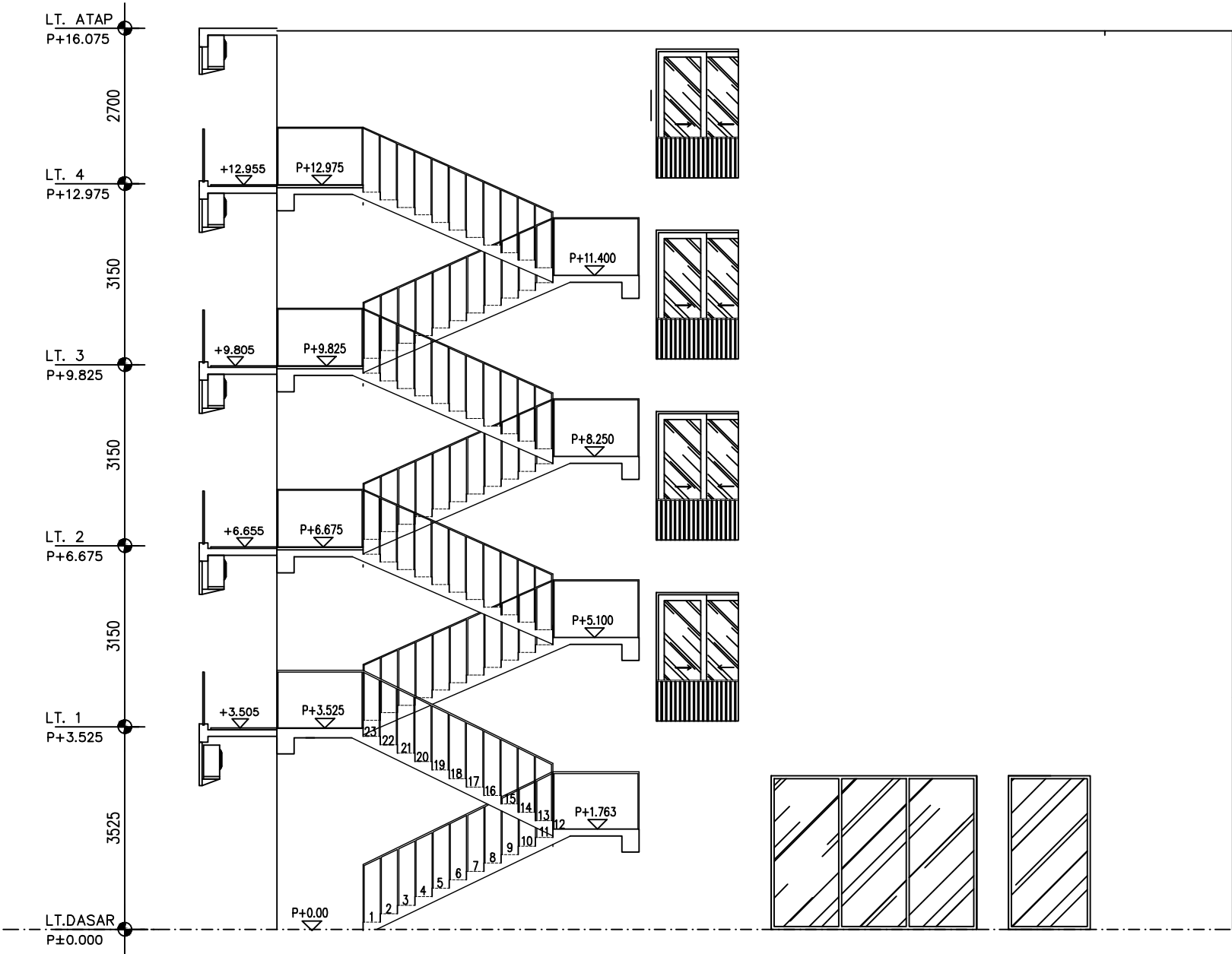
NAMA MAHASISWA 2

Fatimatus Zahroh
3114030071

KETERANGAN

NO LEMBAR JUMLAH LEMBAR

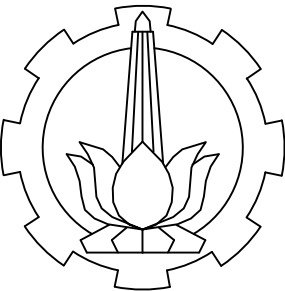
6



TAMPAK BARAT

SKALA 1 : 100





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
BANGUNAN GEDUNG KOZKO CITRALAND
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEM MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSC., PhD.

NAMA MAHASISWA 1

Rizqhi Andriyono
3114030072

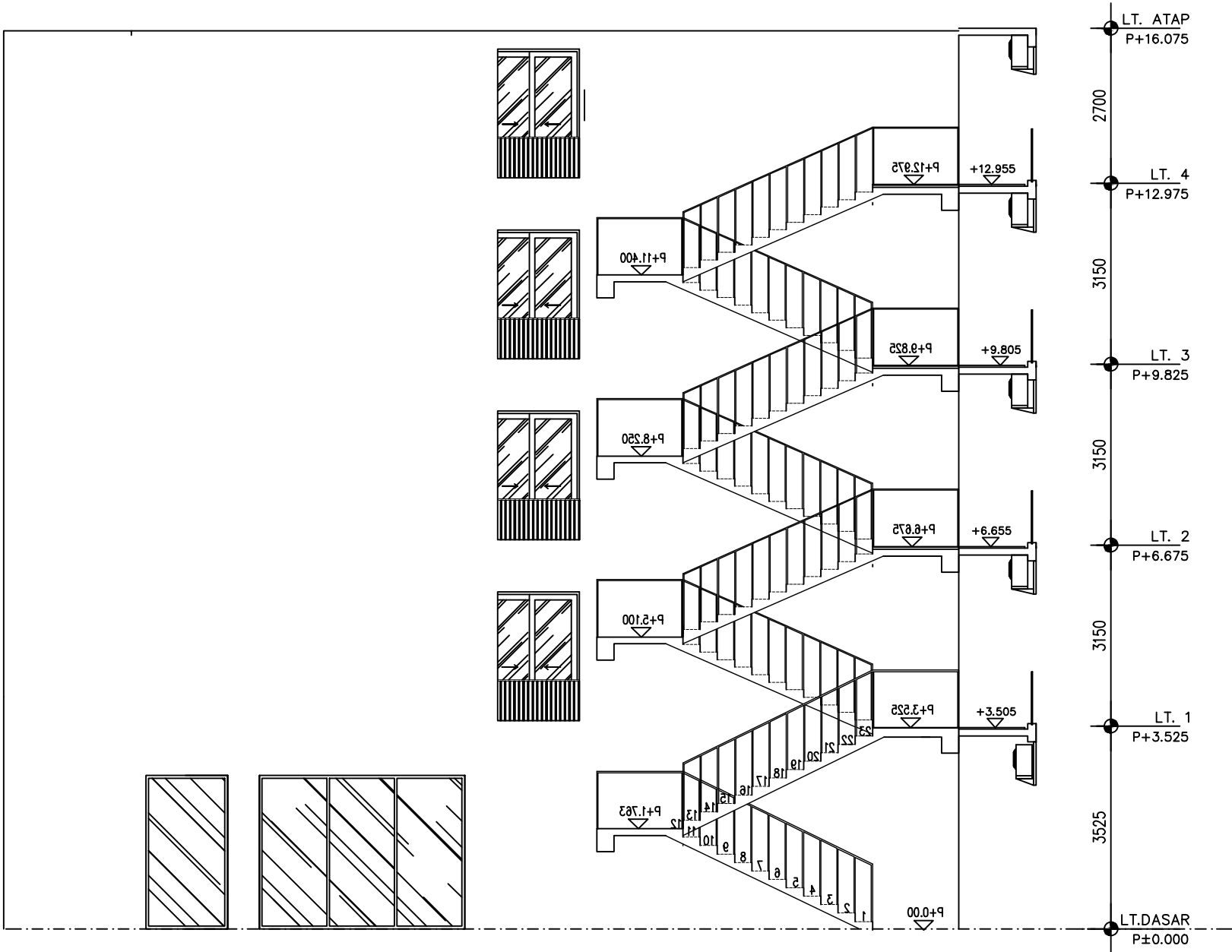
NAMA MAHASISWA 2

Fatimatus Zahroh
3114030071

KETERANGAN

NO LEMBAR JUMLAH LEMBAR

7



TAMPAK TIMUR

SKALA 1 : 100





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
BANGUNAN GEDUNG KOZKO CITRALAND
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEM MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSC., PhD.

NAMA MAHASISWA 1

Rizqhi Andriyono
3114030072

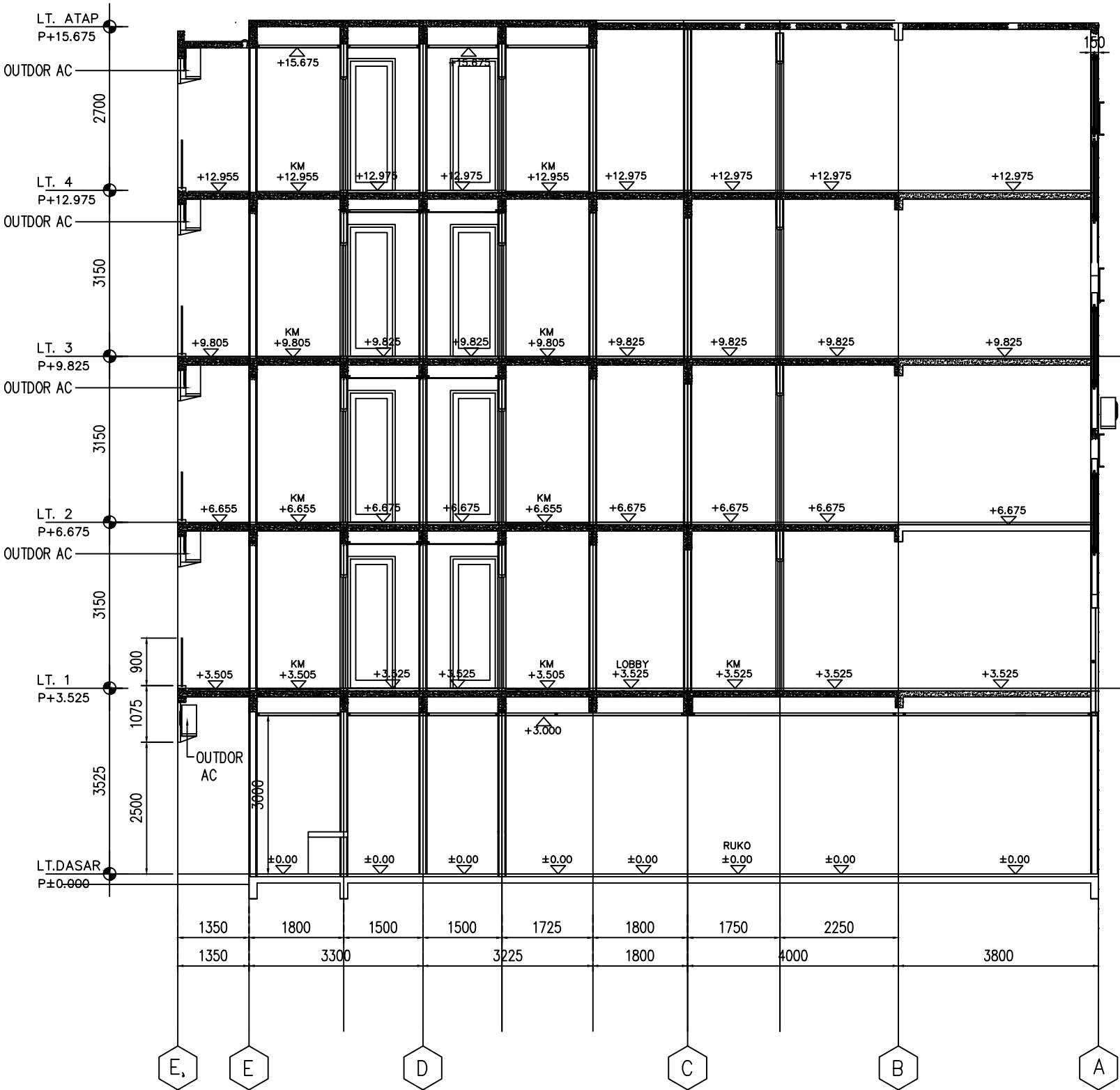
NAMA MAHASISWA 2

Fatimatus Zahroh
3114030071

KETERANGAN

NO LEMBAR JUMLAH LEMBAR

8



POTONGAN A
SKALA 1 : 100

08
ARS



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
BANGUNAN GEDUNG KOZKO CITRALAND
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEM MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSC., PhD.

NAMA MAHASISWA 1

Rizqhi Andriyono
3114030072

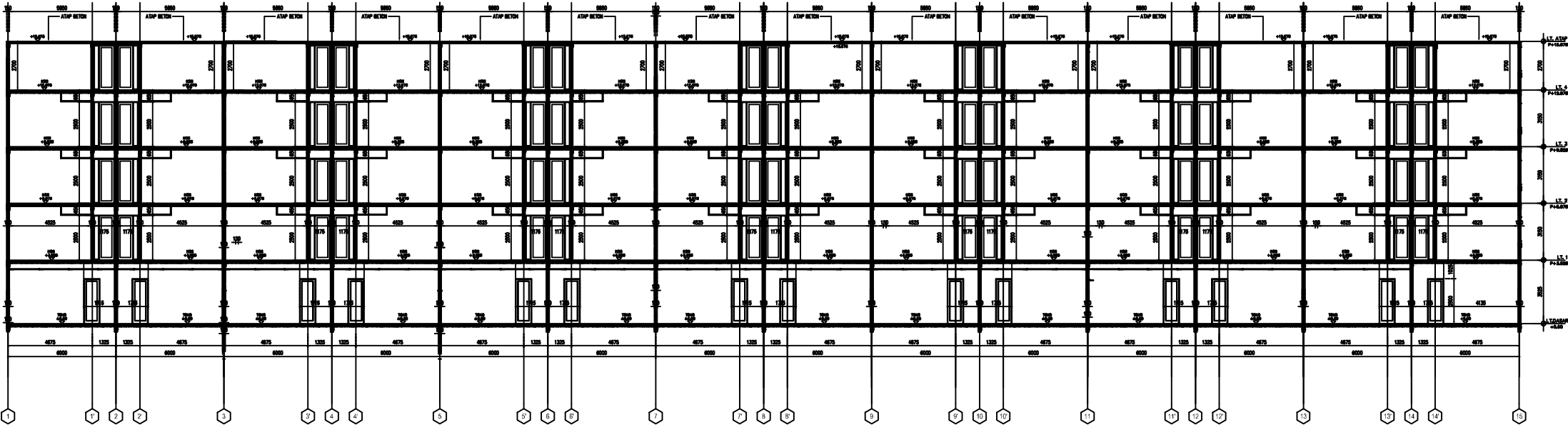
NAMA MAHASISWA 2

Fatimatus Zahroh
3114030071

KETERANGAN

| | |
|-----------|---------------|
| NO LEMBAR | JUMLAH LEMBAR |
|-----------|---------------|

9



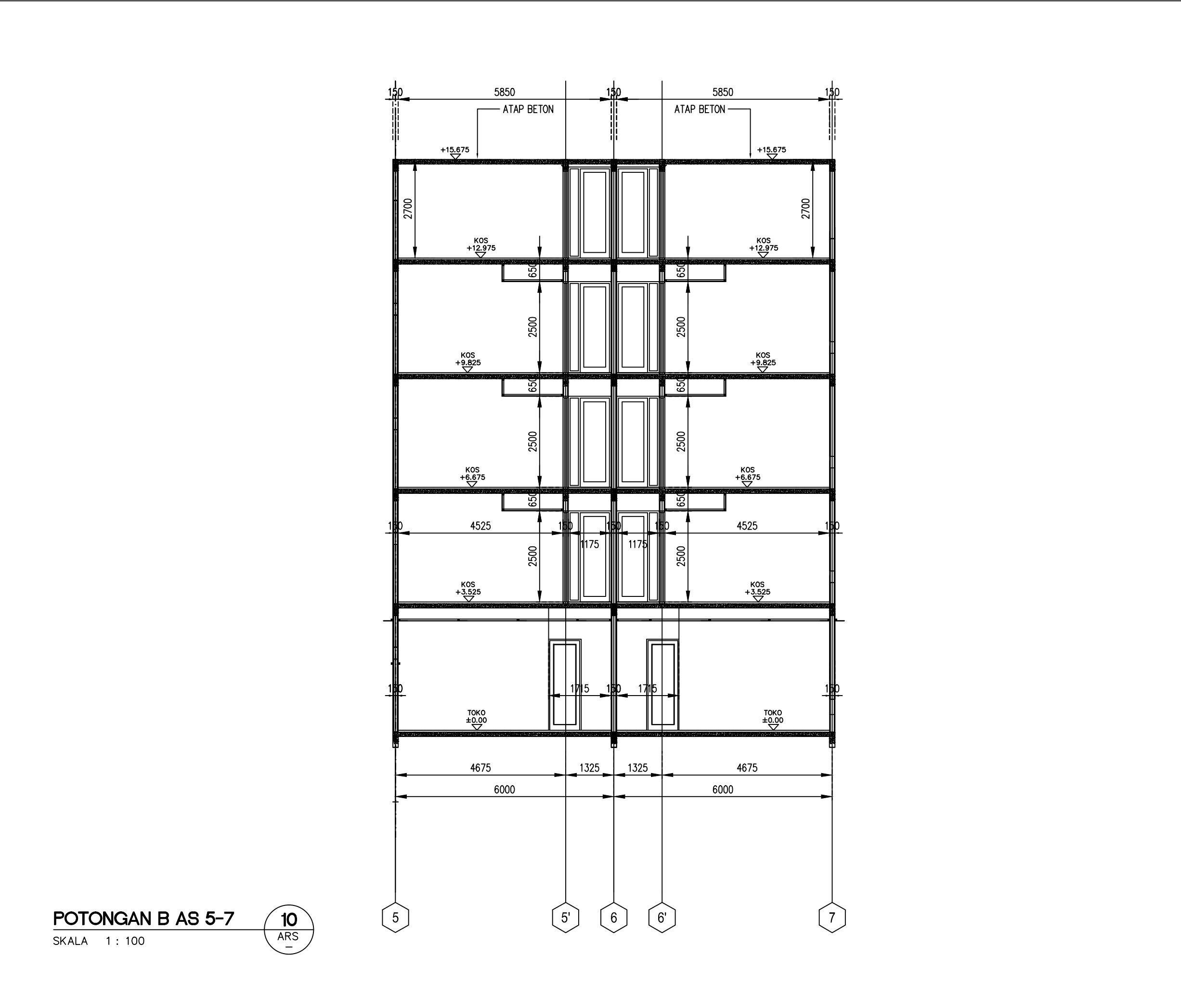
POTONGAN B

SKALA 1 : 300

09

ARS

—



POTONGAN B AS 5-7
SKALA 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
BANGUNAN GEDUNG KOZKO CITRALAND
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEM MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSC., PhD.

NAMA MAHASISWA 1

Rizqhi Andriyono
3114030072

NAMA MAHASISWA 2

Fatimatus Zahroh
3114030071

KETERANGAN

NO LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
BANGUNAN GEDUNG KOZKO CITRALAND
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEM MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSC., PhD.

NAMA MAHASISWA 1

Rizqhi Andriyono
3114030072

NAMA MAHASISWA 2

Fatimatus Zahroh
3114030071

KETERANGAN

NO LEMBAR JUMLAH LEMBAR

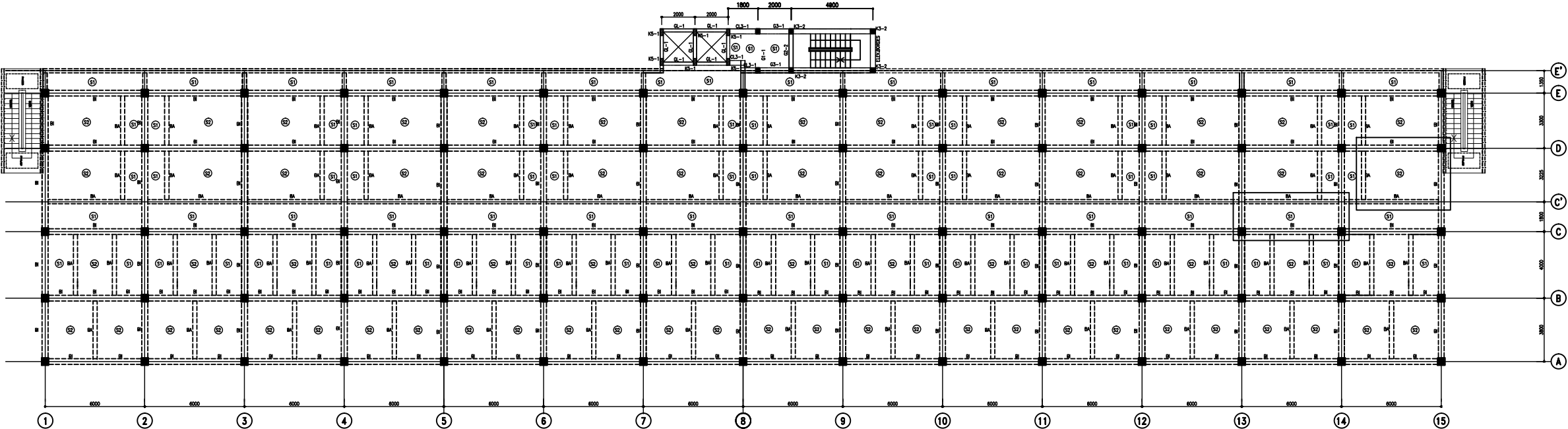
11

ELEVASI LANTAI

| GRID LANTAI | 1-3 | 3-5 | 5-7 | 7-9 | 9-11 | 11-13 | 13-15 |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | +3.525 | +3.525 | +3.525 | +3.525 | +3.525 | +3.525 | +3.525 |
| 2 | +6.675 | +6.675 | +6.675 | +6.675 | +6.675 | +6.675 | +6.675 |
| 3 | +9.825 | +9.825 | +9.825 | +9.825 | +9.825 | +9.825 | +9.825 |
| 4 | +12.975 | +12.975 | +12.975 | +12.975 | +12.975 | +12.975 | +12.975 |
| 5 | +15.675 | +15.675 | +15.675 | +15.675 | +15.675 | +15.675 | +15.675 |

| KODE BALOK | DIMENSI |
|------------|-----------|
| BI | 350 x 500 |
| BA | 250 x 300 |
| B3-A | 250 x 300 |
| B3-B | 250 x 300 |

| KODE KOLOM | DIMENSI |
|------------|-----------|
| K1 | 450 x 450 |

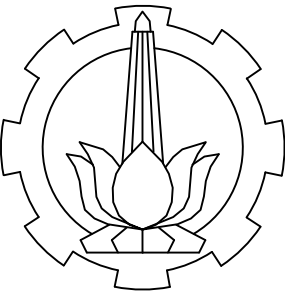


DENAH BALOK DAN PELAT LANTAI 1

SKALA 1: 300

11

STR



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
BANGUNAN GEDUNG KOZKO CITRALAND
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEM MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSC., PhD.

NAMA MAHASISWA 1

Rizqhi Andriyono
3114030072

NAMA MAHASISWA 2

Fatimatus Zahroh
3114030071

KETERANGAN

NO LEMBAR JUMLAH LEMBAR

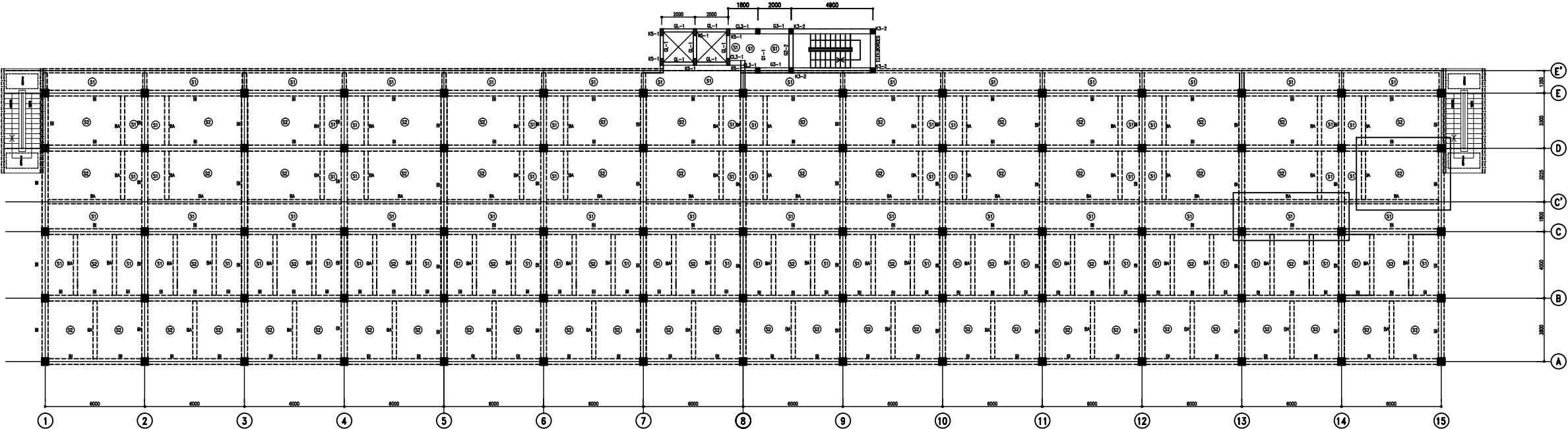
13

ELEVASI LANTAI

| GRID LANTAI | 1-3 | 3-5 | 5-7 | 7-9 | 9-11 | 11-13 | 13-15 |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | +3.525 | +3.525 | +3.525 | +3.525 | +3.525 | +3.525 | +3.525 |
| 2 | +6.675 | +6.675 | +6.675 | +6.675 | +6.675 | +6.675 | +6.675 |
| 3 | +9.825 | +9.825 | +9.825 | +9.825 | +9.825 | +9.825 | +9.825 |
| 4 | +12.975 | +12.975 | +12.975 | +12.975 | +12.975 | +12.975 | +12.975 |
| 5 | +15.675 | +15.675 | +15.675 | +15.675 | +15.675 | +15.675 | +15.675 |

| KODE BALOK | DIMENSI |
|------------|-----------|
| B1 | 350 x 500 |
| BA | 250 x 300 |
| B3-A | 250 x 300 |
| B3-B | 250 x 300 |

| KODE KOLOM | DIMENSI |
|------------|-----------|
| K1 | 450 x 450 |

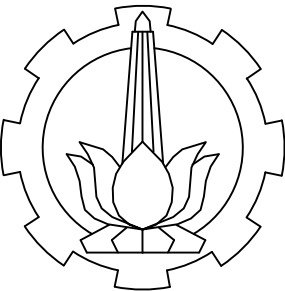


DENAH BALOK DAN PELAT LANTAI 3

SKALA 1: 300

13

STR



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
BANGUNAN GEDUNG KOZKO CITRALAND
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEM MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSC., PhD.

NAMA MAHASISWA 1

Rizqhi Andriyono
3114030072

NAMA MAHASISWA 2

Fatimatus Zahroh
3114030071

KETERANGAN

NO LEMBAR JUMLAH LEMBAR

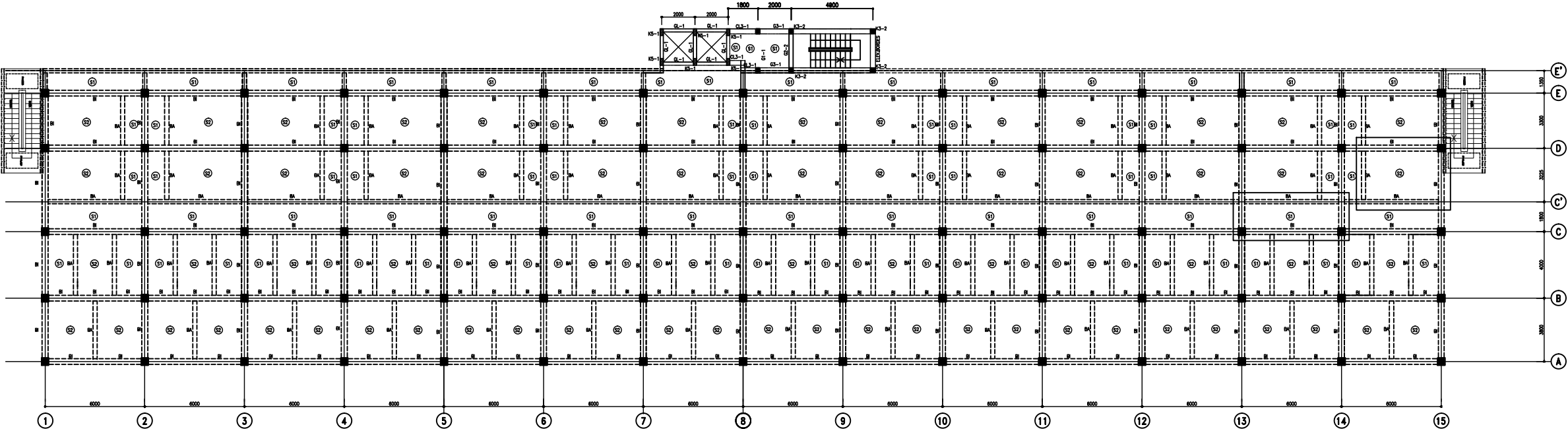
15

ELEVASI LANTAI

| GRID LANTAI | 1-3 | 3-5 | 5-7 | 7-9 | 9-11 | 11-13 | 13-15 |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | +3.525 | +3.525 | +3.525 | +3.525 | +3.525 | +3.525 | +3.525 |
| 2 | +6.675 | +6.675 | +6.675 | +6.675 | +6.675 | +6.675 | +6.675 |
| 3 | +9.825 | +9.825 | +9.825 | +9.825 | +9.825 | +9.825 | +9.825 |
| 4 | +12.975 | +12.975 | +12.975 | +12.975 | +12.975 | +12.975 | +12.975 |
| 5 | +15.675 | +15.675 | +15.675 | +15.675 | +15.675 | +15.675 | +15.675 |

| KODE BALOK | DIMENSI |
|------------|-----------|
| BI | 350 x 500 |
| BA | 250 x 300 |
| B3-A | 250 x 300 |
| B3-B | 250 x 300 |

| KODE KOLOM | DIMENSI |
|------------|-----------|
| K1 | 450 x 450 |



DENAH BALOK DAN PELAT LANTAI ATAP

SKALA 1: 300

15
STR



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
BANGUNAN GEDUNG KOZKO CITRALAND
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEM MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSC., PhD.

NAMA MAHASISWA 1

Rizqhi Andriyono
3114030072

NAMA MAHASISWA 2

Fatimatus Zahroh
3114030071

KETERANGAN

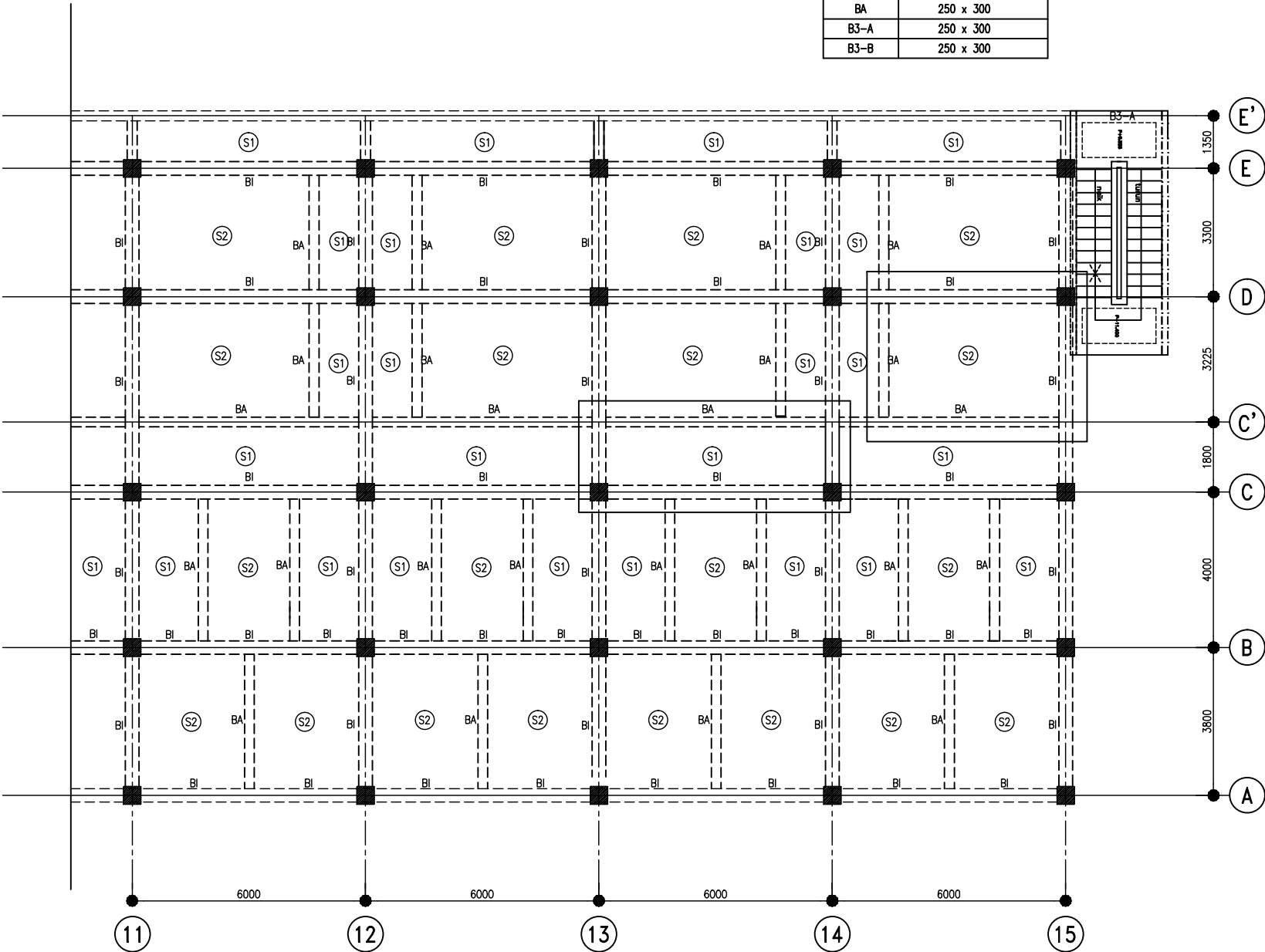
NO LEMBAR JUMLAH LEMBAR

16

| ELEVASI LANTAI | | | | | | | |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| GRID LANTAI \ | 1-3 | 3-5 | 5-7 | 7-9 | 9-11 | 11-13 | 13-15 |
| 1 | +3.525 | +3.525 | +3.525 | +3.525 | +3.525 | +3.525 | +3.525 |
| 2 | +6.675 | +6.675 | +6.675 | +6.675 | +6.675 | +6.675 | +6.675 |
| 3 | +9.825 | +9.825 | +9.825 | +9.825 | +9.825 | +9.825 | +9.825 |
| 4 | +12.975 | +12.975 | +12.975 | +12.975 | +12.975 | +12.975 | +12.975 |
| 5 | +15.675 | +15.675 | +15.675 | +15.675 | +15.675 | +15.675 | +15.675 |

| KODE BALOK | DIMENSI |
|------------|-----------|
| BI | 350 x 500 |
| BA | 250 x 300 |
| B3-A | 250 x 300 |
| B3-B | 250 x 300 |

| KODE KOLOM | DIMENSI |
|------------|-----------|
| K1 | 450 x 450 |





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
BANGUNAN GEDUNG KOZKO CITRALAND
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEM MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSC., PhD.

NAMA MAHASISWA 1

Rizqhi Andriyono
3114030072

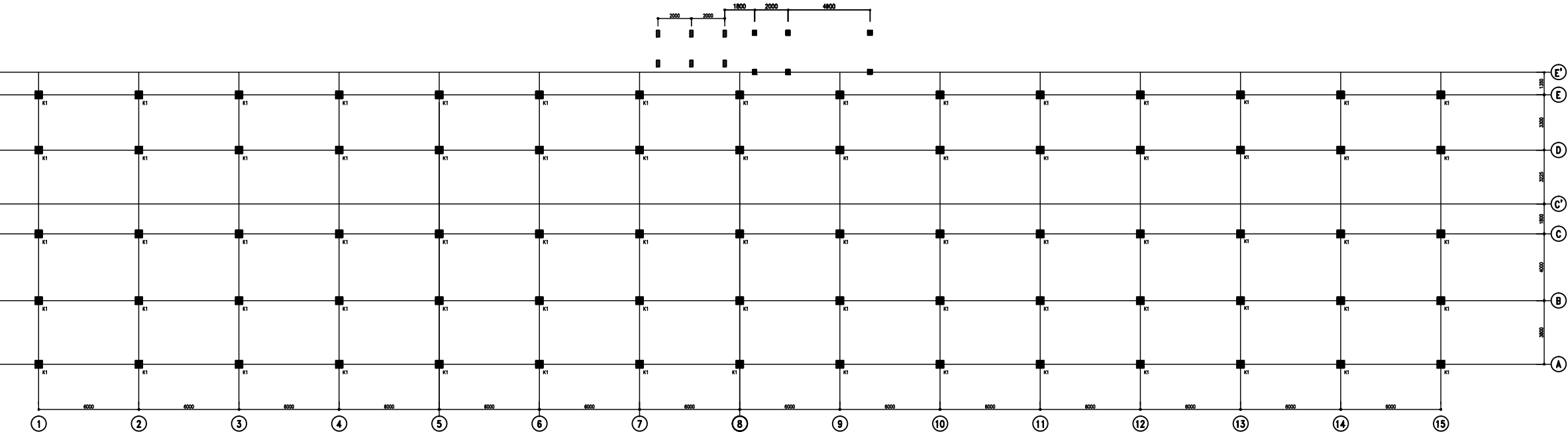
NAMA MAHASISWA 2

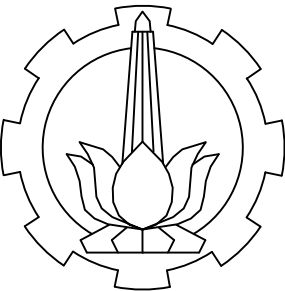
Fatimatus Zahroh
3114030071

KETERANGAN

| | |
|-----------|---------------|
| NO LEMBAR | JUMLAH LEMBAR |
|-----------|---------------|

17





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
BANGUNAN GEDUNG KOZKO CITRALAND
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEM MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSC., PhD.

NAMA MAHASISWA 1

Rizqhi Andriyono
3114030072

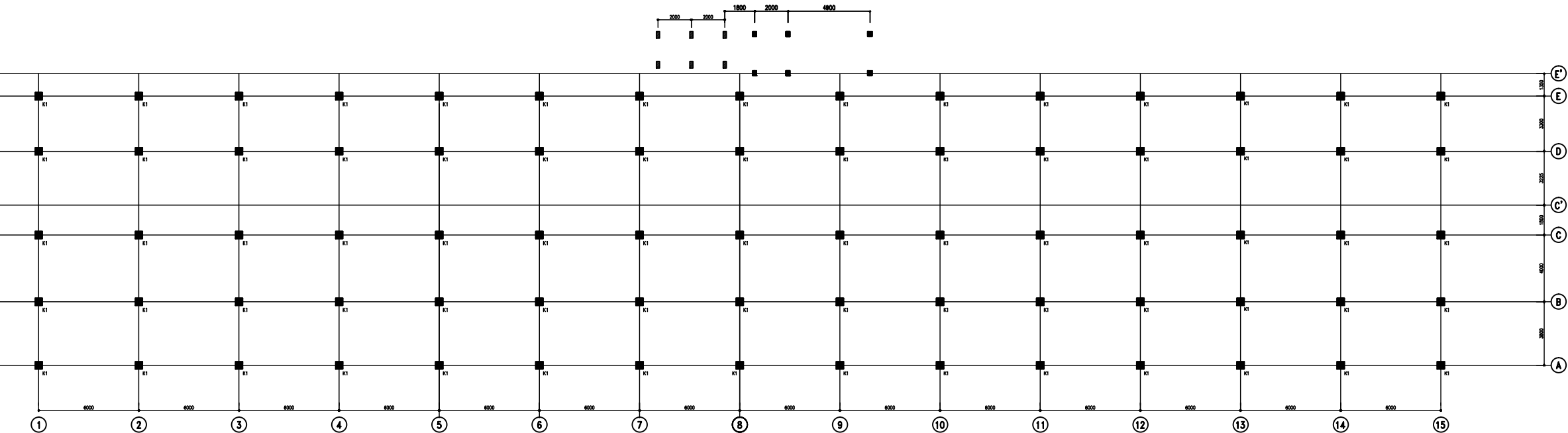
NAMA MAHASISWA 2

Fatimatus Zahroh
3114030071

KETERANGAN

| | |
|-----------|---------------|
| NO LEMBAR | JUMLAH LEMBAR |
|-----------|---------------|

18





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
BANGUNAN GEDUNG KOZKO CITRALAND
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEM MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSC., PhD.

NAMA MAHASISWA 1

Rizqhi Andriyono
3114030072

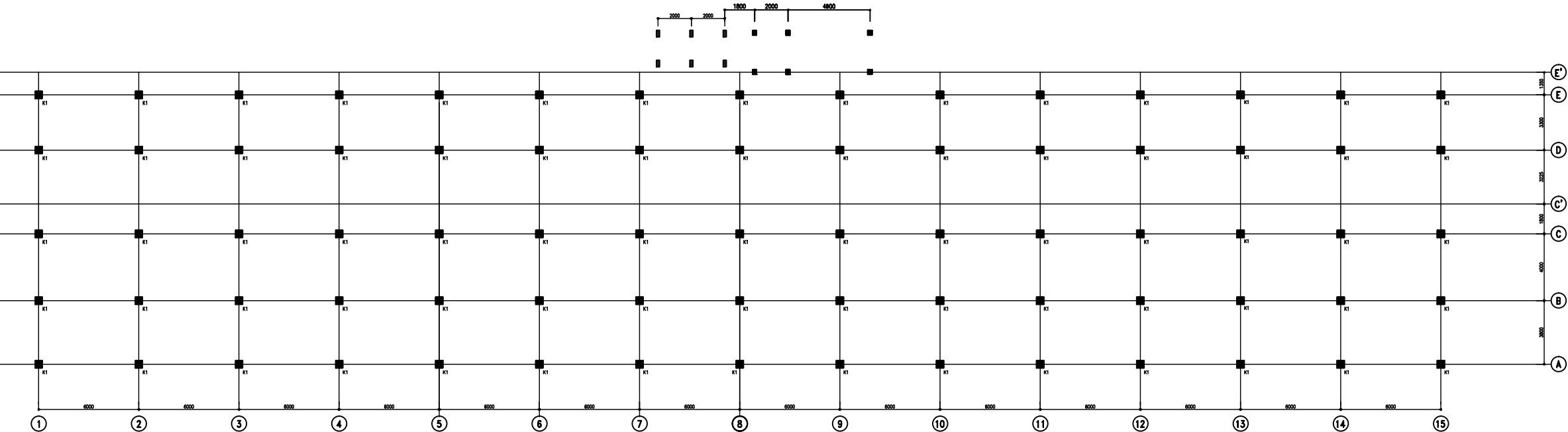
NAMA MAHASISWA 2

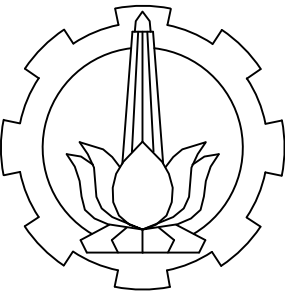
Fatimatus Zahroh
3114030071

KETERANGAN

| | |
|-----------|---------------|
| NO LEMBAR | JUMLAH LEMBAR |
|-----------|---------------|

19





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
BANGUNAN GEDUNG KOZKO CITRALAND
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEM MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSC., PhD.

NAMA MAHASISWA 1

Rizqhi Andriyono
3114030072

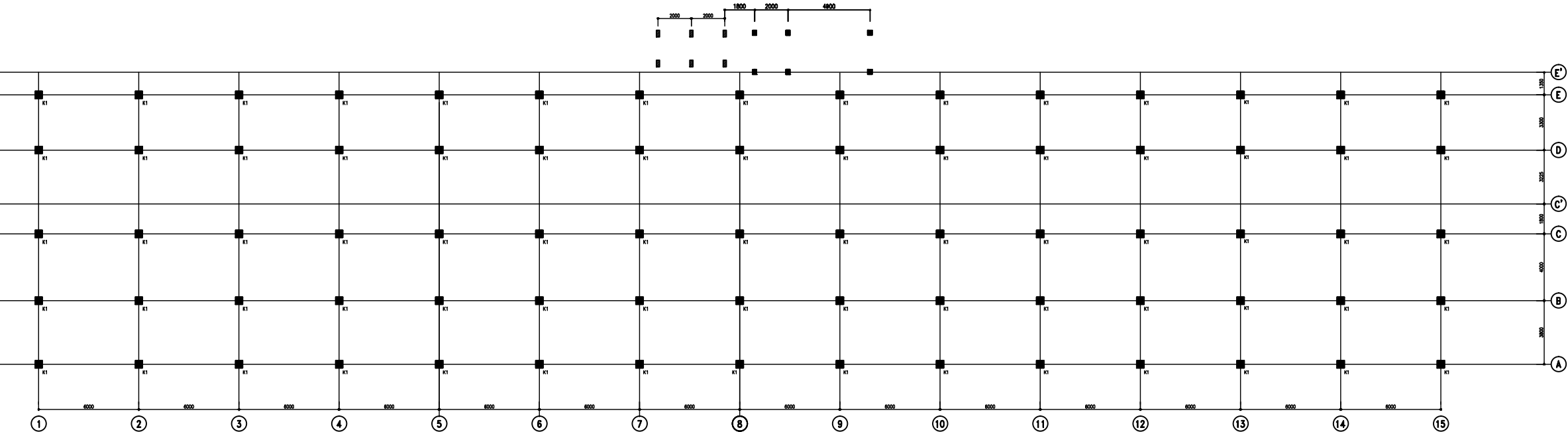
NAMA MAHASISWA 2

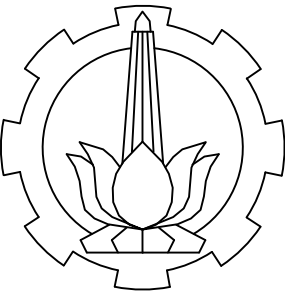
Fatimatus Zahroh
3114030071

KETERANGAN

| | |
|-----------|---------------|
| NO LEMBAR | JUMLAH LEMBAR |
|-----------|---------------|

20





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
BANGUNAN GEDUNG KOZKO CITRALAND
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEM MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSC., PhD.

NAMA MAHASISWA 1

Rizqhi Andriyono
3114030072

NAMA MAHASISWA 2

Fatimatus Zahroh
3114030071

KETERANGAN

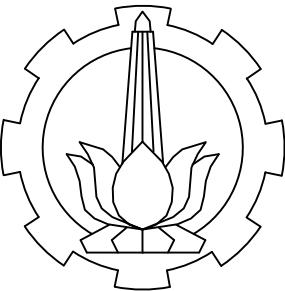
NO LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

21

| BA | | BI | | B3-B | | B3-A | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN | TUMPUAN | LAPANGAN |
| | | | | | | | |
| 250 x 300 | 250 x 300 | 350 x 500 | 350 x 500 | 250 x 300 | 250 x 300 | 250 x 300 | 250 x 300 |
| 4 D 13 | 2 D 13 | 5 D 19 | 2 D 19 | 4 D 16 | 2 D 16 | 2 D 16 | 2 D 16 |
| 2 Ø 10 | 2 Ø 10 | - | - | 2 Ø 10 | 2 Ø 10 | 2 Ø 10 | 2 Ø 10 |
| 3 D 13 | 3 D 13 | 3 D 19 | 2 D 19 | 2 D 16 | 2 D 16 | 2 D 16 | 2 D 16 |
| Ø10-100 | Ø10-150 | Ø10-100 | Ø10-200 | Ø10-100 | Ø10-150 | Ø10-100 | Ø10-150 |

| LEVEL | KOLOM |
|----------------|-----------|
| | K1 |
| LANTAI 5 | |
| LANTAI DASAR | |
| DIMENSI | |
| TULANGAN UTAMA | |
| SENGKANG | 450 x 450 |
| MUTU | 16 D 19 |
| | Ø10-100 |
| | fc' 30 |



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
BANGUNAN GEDUNG KOZKO CITRALAND
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEM MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSC., PhD.

NAMA MAHASISWA 1

Rizqhi Andriyono
3114030072

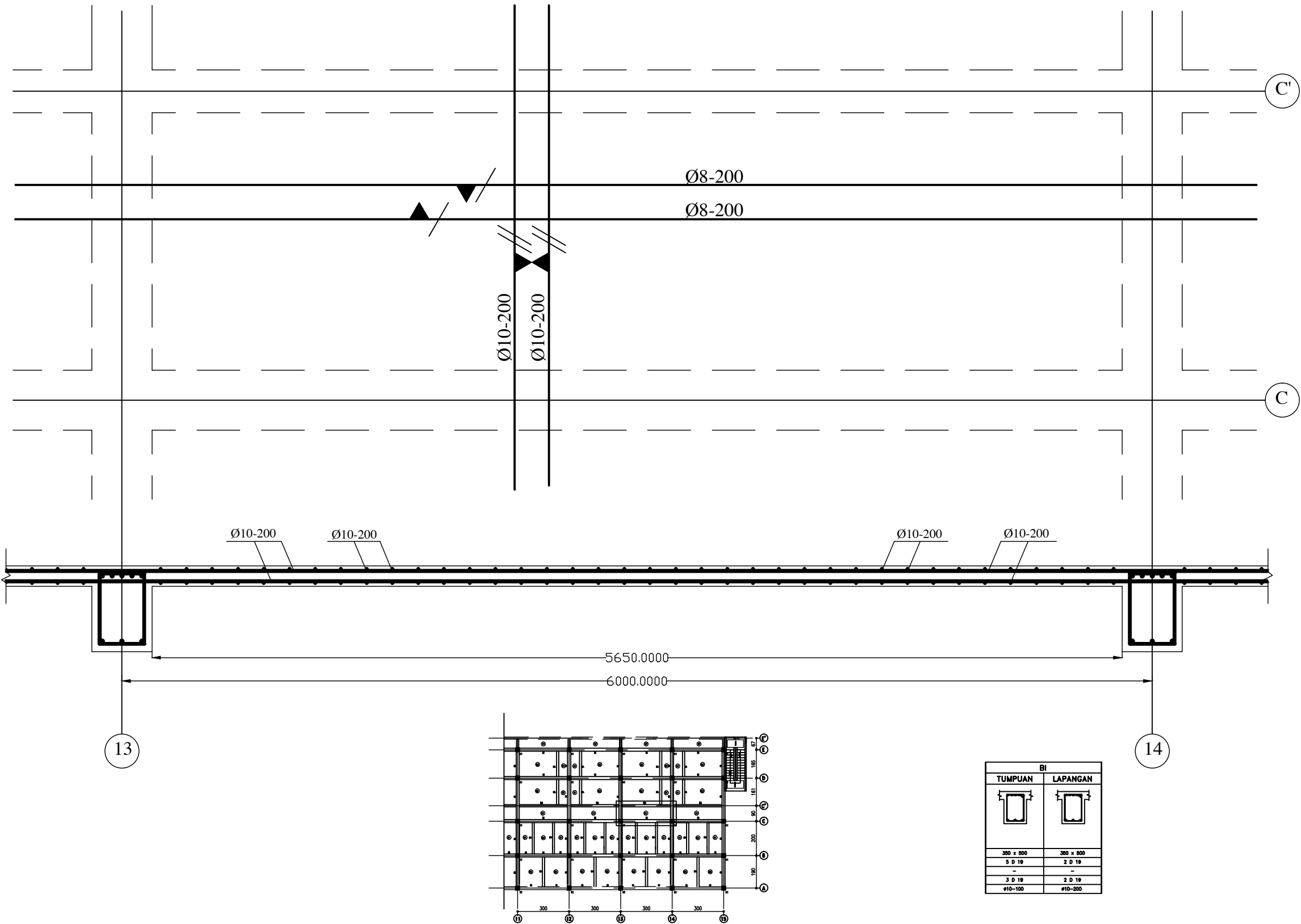
NAMA MAHASISWA 2

Fatimatus Zahroh
3114030071

KETERANGAN

NO LEMBAR JUMLAH LEMBAR

22

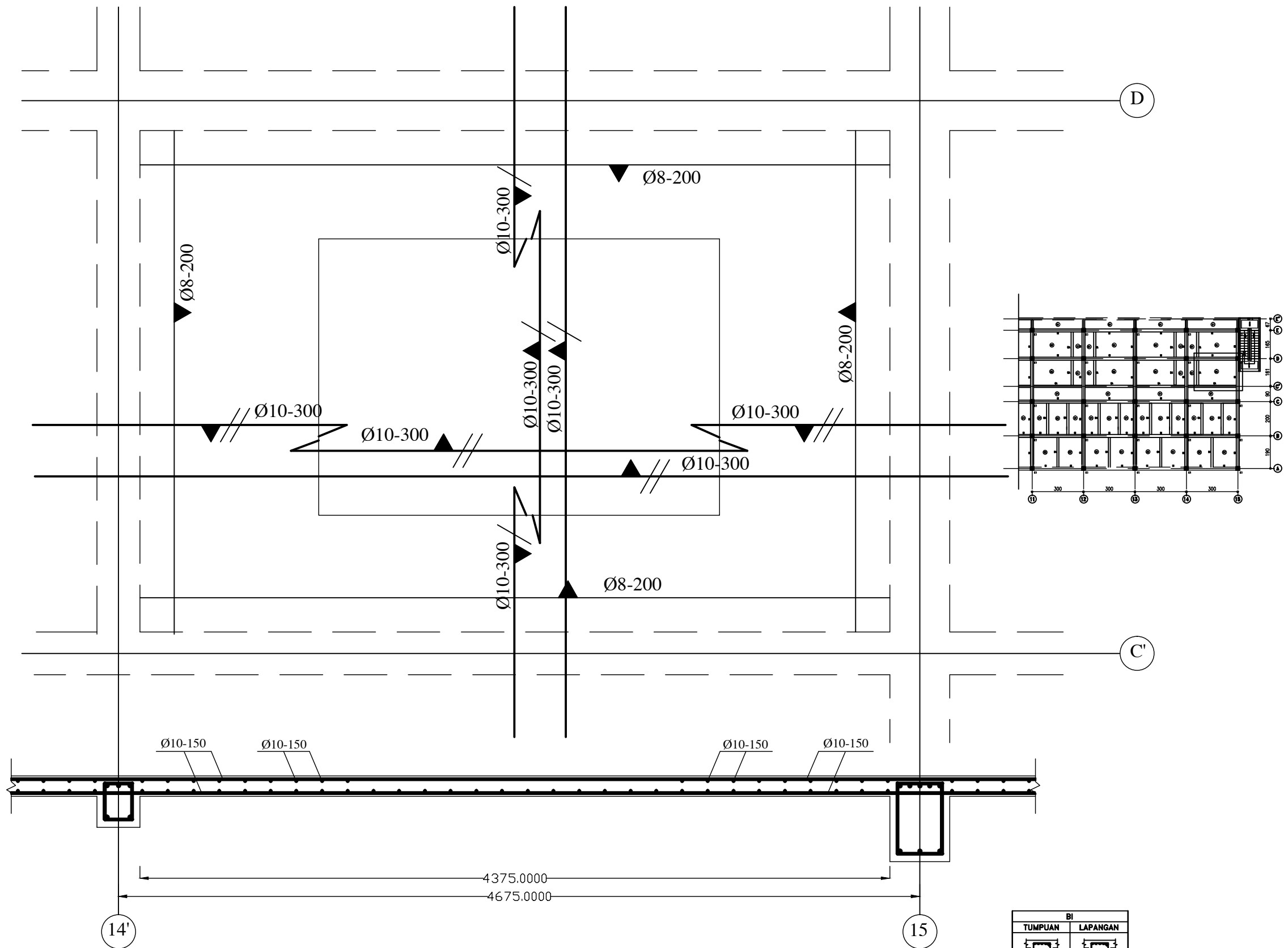


DETAIL PELAT S1

SKALA 1 : 25

22

STR



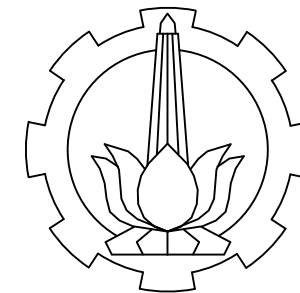
DETAIL PELAT S2

SKALA 1 : 25

23

STR

| BI | |
|-----------|-----------|
| TUMPUAN | LAPANGAN |
| | |
| 350 x 500 | 350 x 500 |
| 6 D 19 | 2 D 19 |
| - | - |
| 3 D 19 | 2 D 19 |
| #10-100 | #10-200 |



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
BANGUNAN GEDUNG KOZKO CITRALAND
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEM MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSC., PhD.

NAMA MAHASISWA 1

Rizqhi Andriyono
3114030072

NAMA MAHASISWA 2

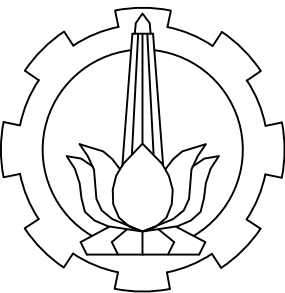
Fatimatus Zahroh
3114030071

KETERANGAN

NO LEMBAR

23

JUMLAH LEMBAR



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
BANGUNAN GEDUNG KOZKO CITRALAND
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEM MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSC., PhD.

NAMA MAHASISWA 1

Rizqhi Andriyono
3114030072

NAMA MAHASISWA 2

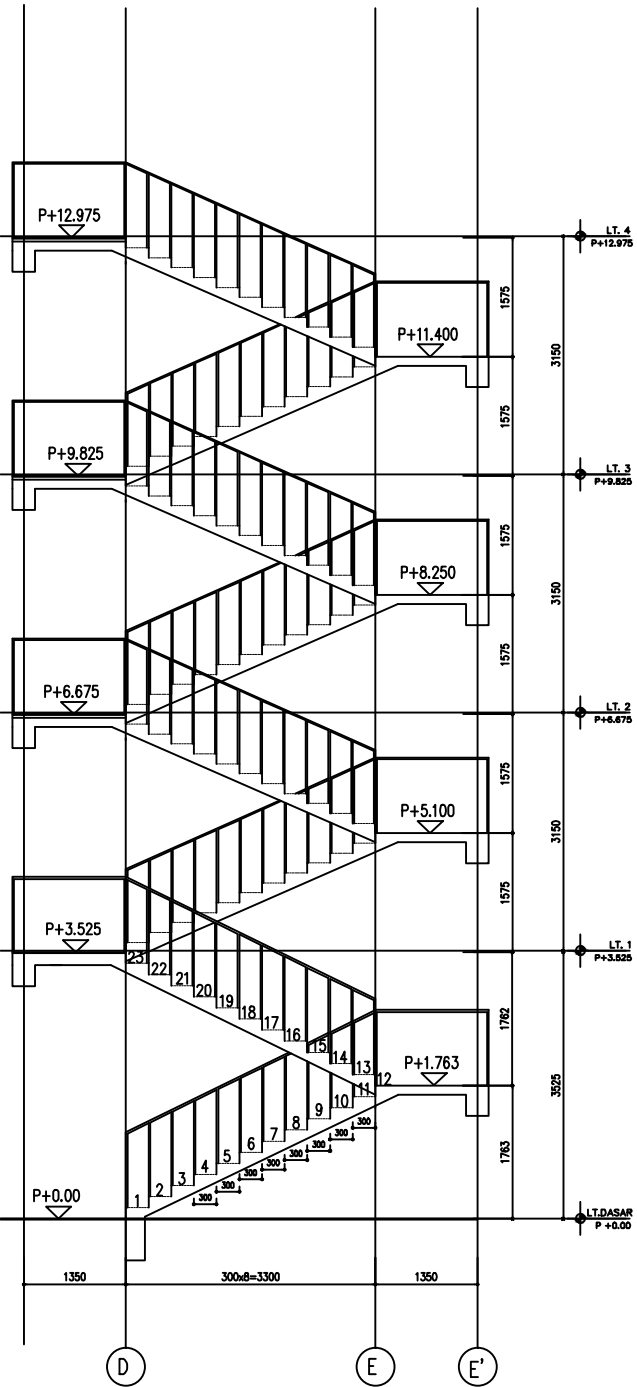
Fatimatus Zahroh
3114030071

KETERANGAN

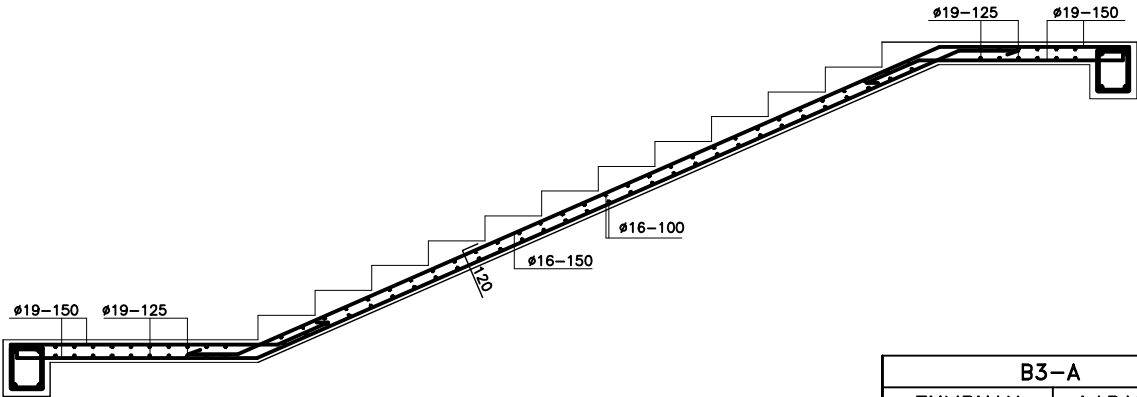
NO LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

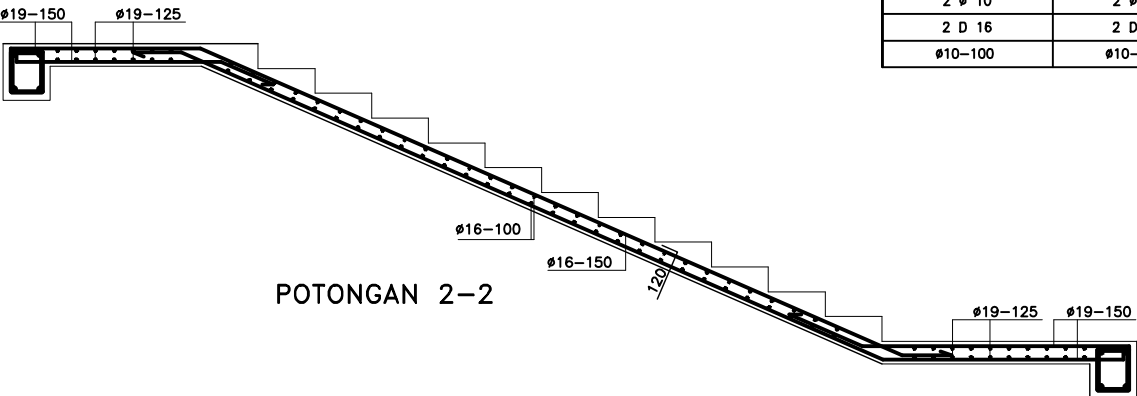
24



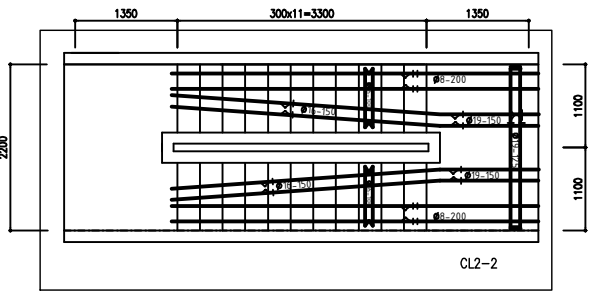
SKEMATIK TANGGA SAMPING



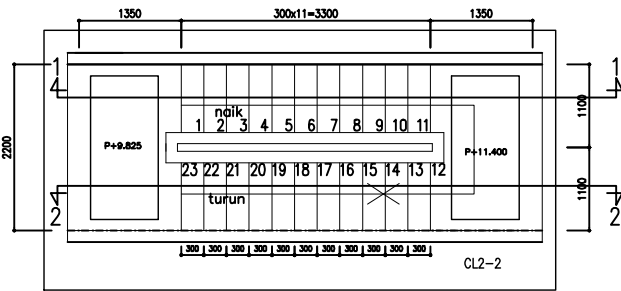
POTONGAN 1-1



POTONGAN 2-2



TULANGAN TANGGA SAMPING

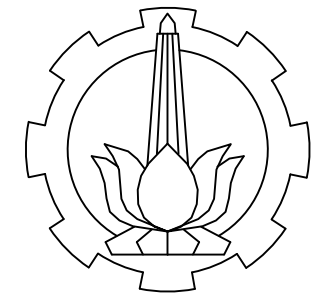


DENAH TANGGA SAMPING

DETAIL TANGGA SAMPING

SKALA 1:100

24
STR



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
BANGUNAN GEDUNG KOZKO CITRALAND
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEM MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSC., PhD.

NAMA MAHASISWA 1

Rizqhi Andriyono
3114030072

NAMA MAHASISWA 2

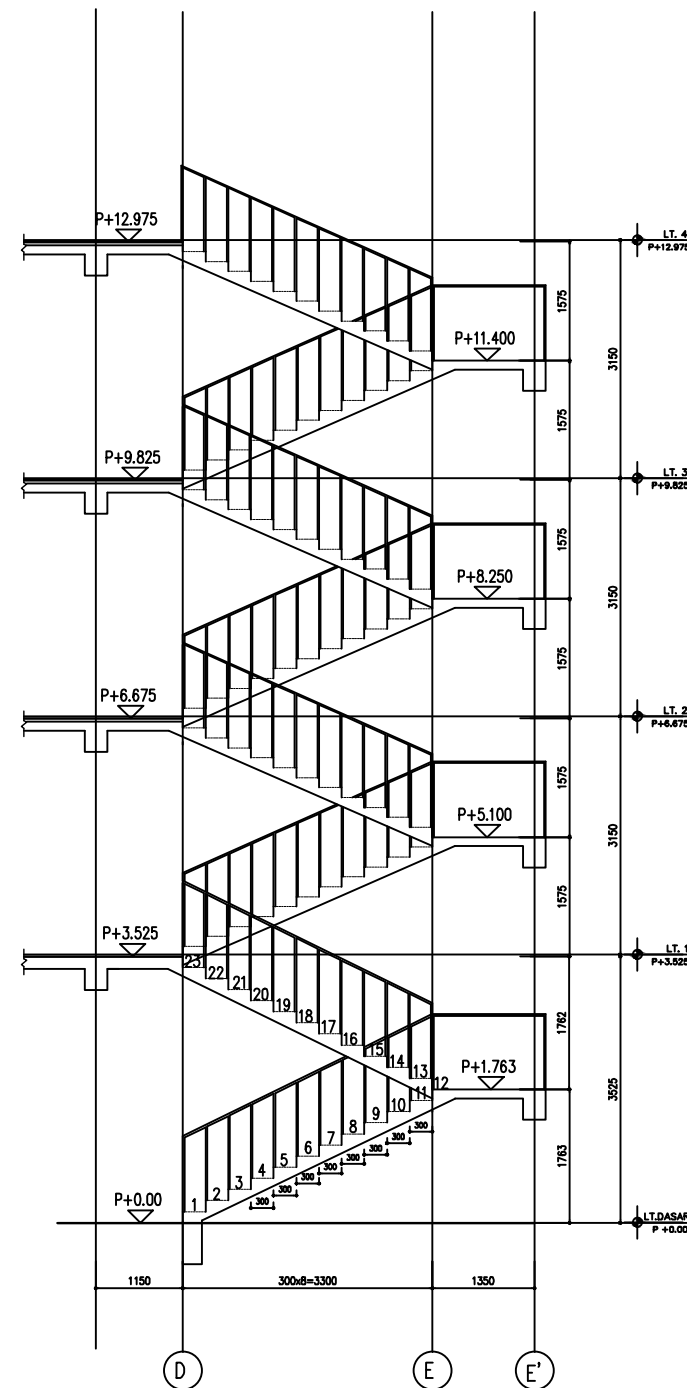
Fatimatus Zahroh
3114030071

KETERANGAN

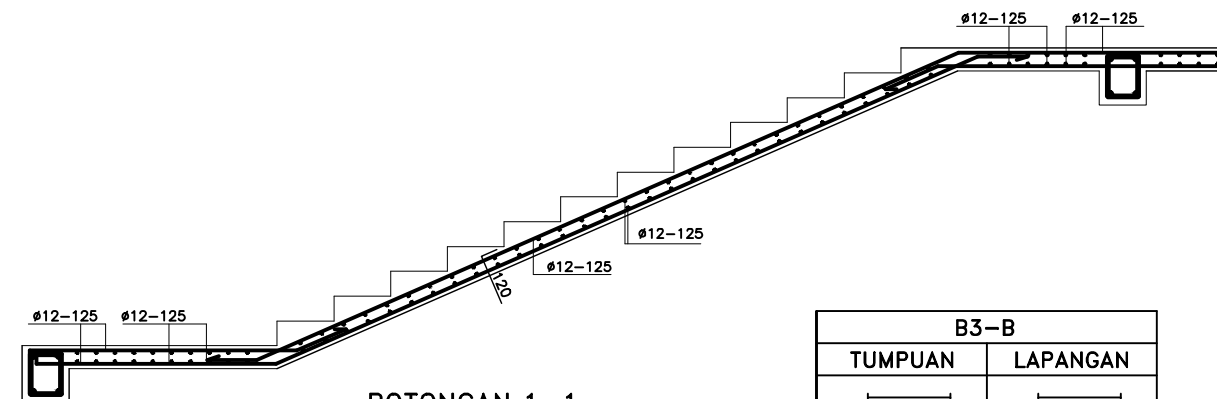
NO LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

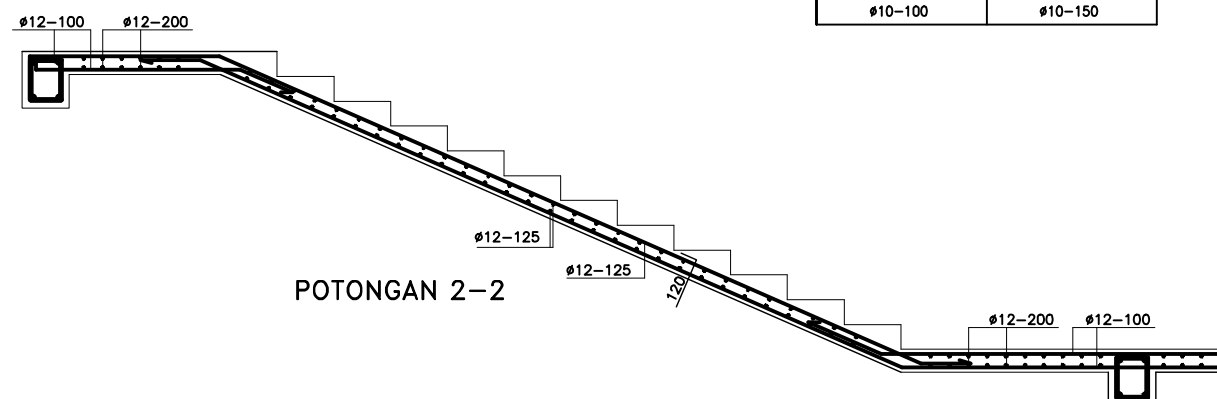
25



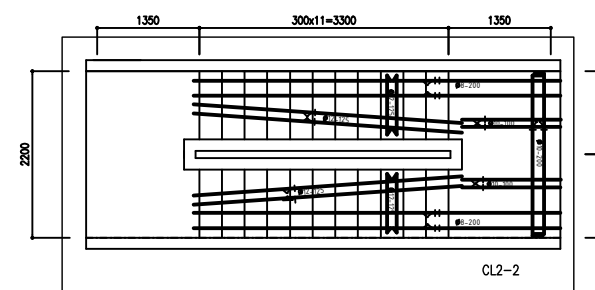
SKEMATIK TANGGA BELAKANG



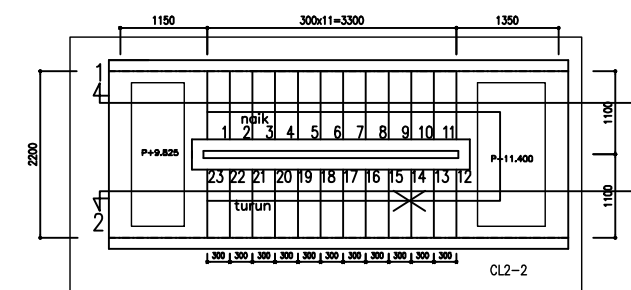
POTONGAN 1-1



POTONGAN 2-2



TULANGAN TANGGA BELAKANG

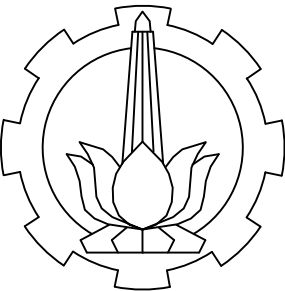


DENAH TANGGA BELAKANG

DETAIL TANGGA BELAKANG

SKALA 1:100

25
STR



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
BANGUNAN GEDUNG KOZKO CITRALAND
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEM MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSC., PhD.

NAMA MAHASISWA 1

Rizqhi Andriyono
3114030072

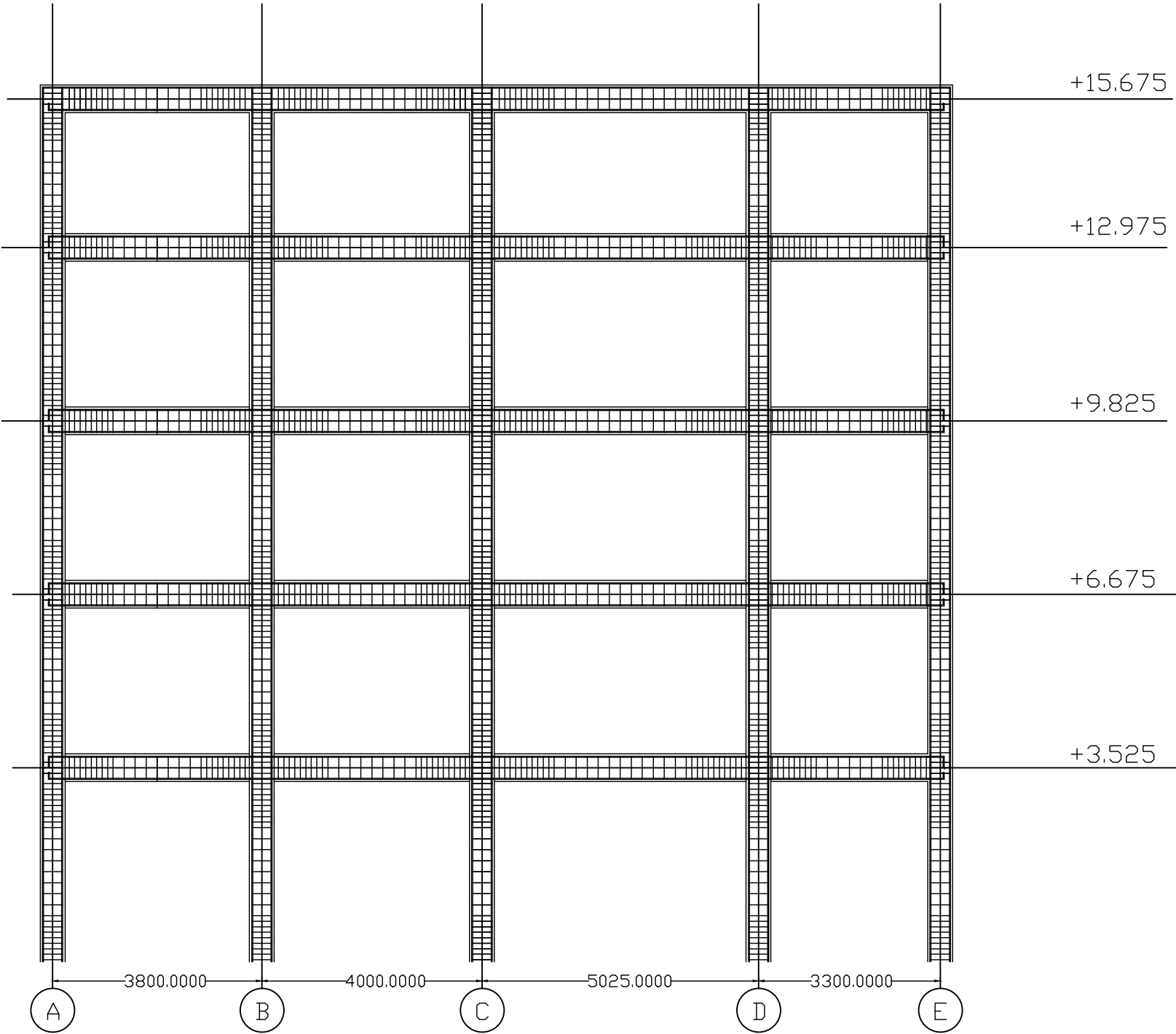
NAMA MAHASISWA 2

Fatimatus Zahroh
3114030071

KETERANGAN

NO LEMBAR JUMLAH LEMBAR

26



PORTAL MELINTANG

SKALA 1 : 100

26
STR
—



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
BANGUNAN GEDUNG KOZKO CITRALAND
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEM MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSC., PhD.

NAMA MAHASISWA 1

Rizqhi Andriyono
3114030072

NAMA MAHASISWA 2

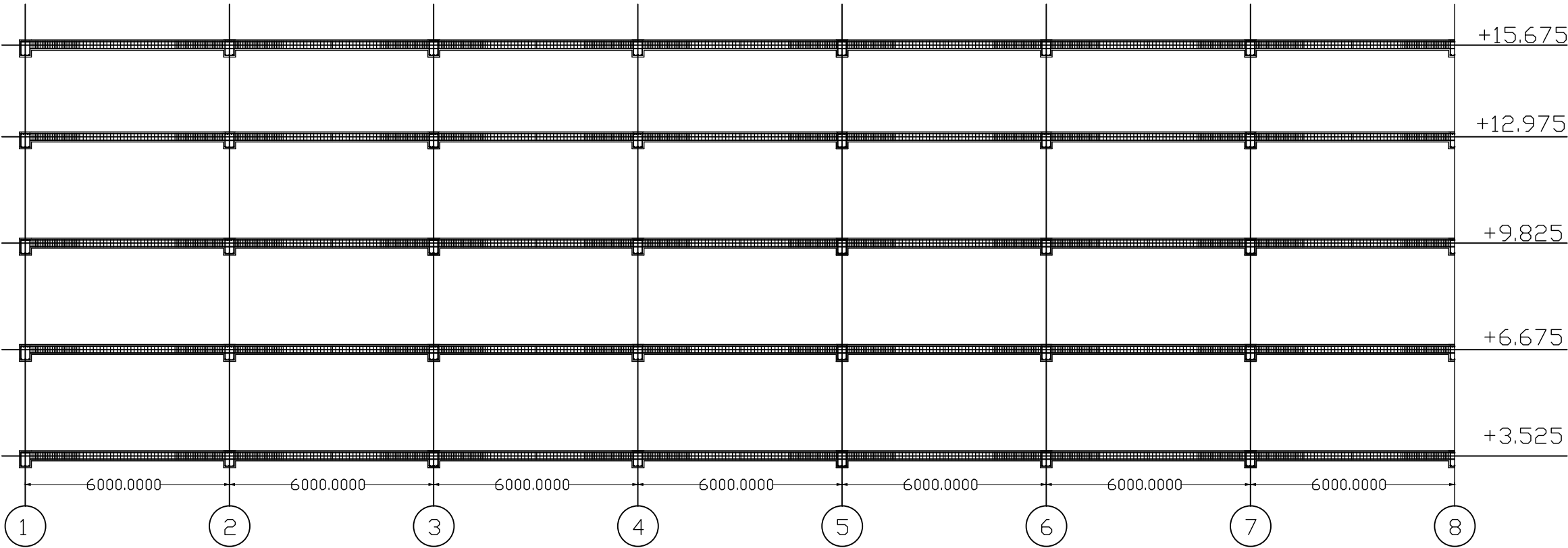
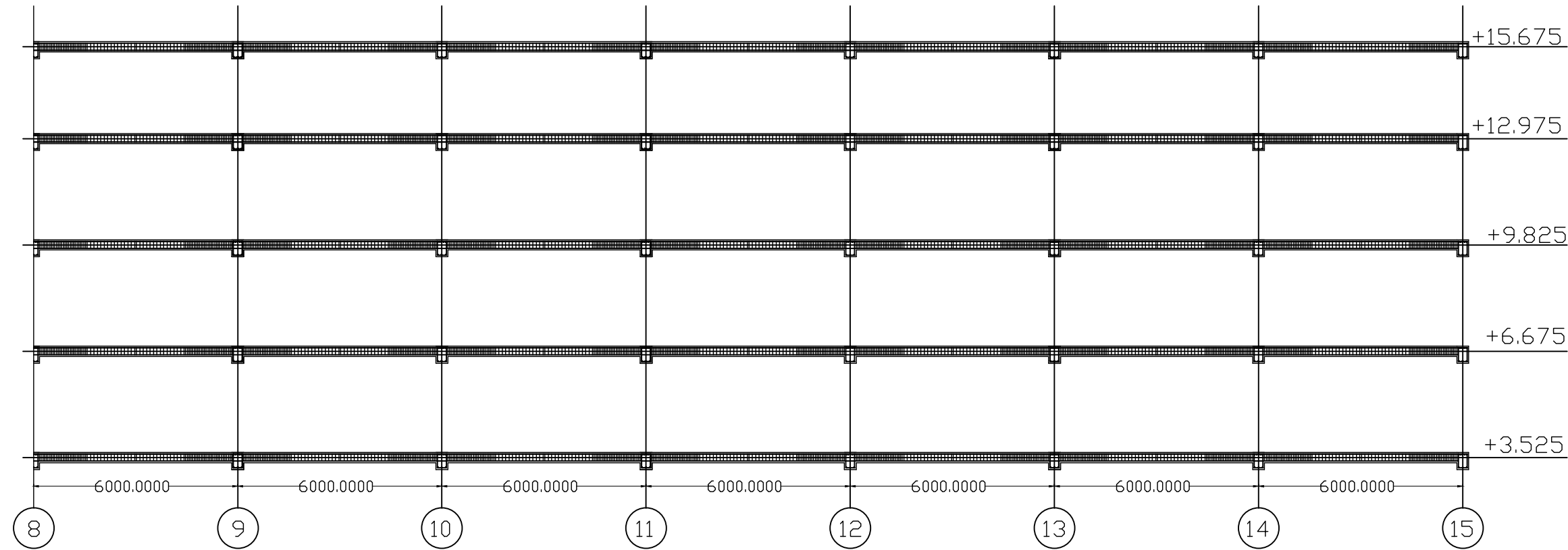
Fatimatus Zahroh
3114030071

KETERANGAN

NO LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

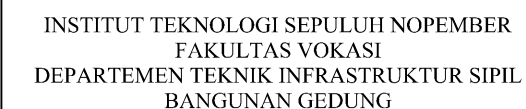
27



PORTAL MELINTANG

SKALA 1 : 150

27
STR
—



PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
BANGUNAN GEDUNG KOZKO CITRALAND
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEM MENENGAH



Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSC., PhD.



Rizqhi Andriyono
3114030072

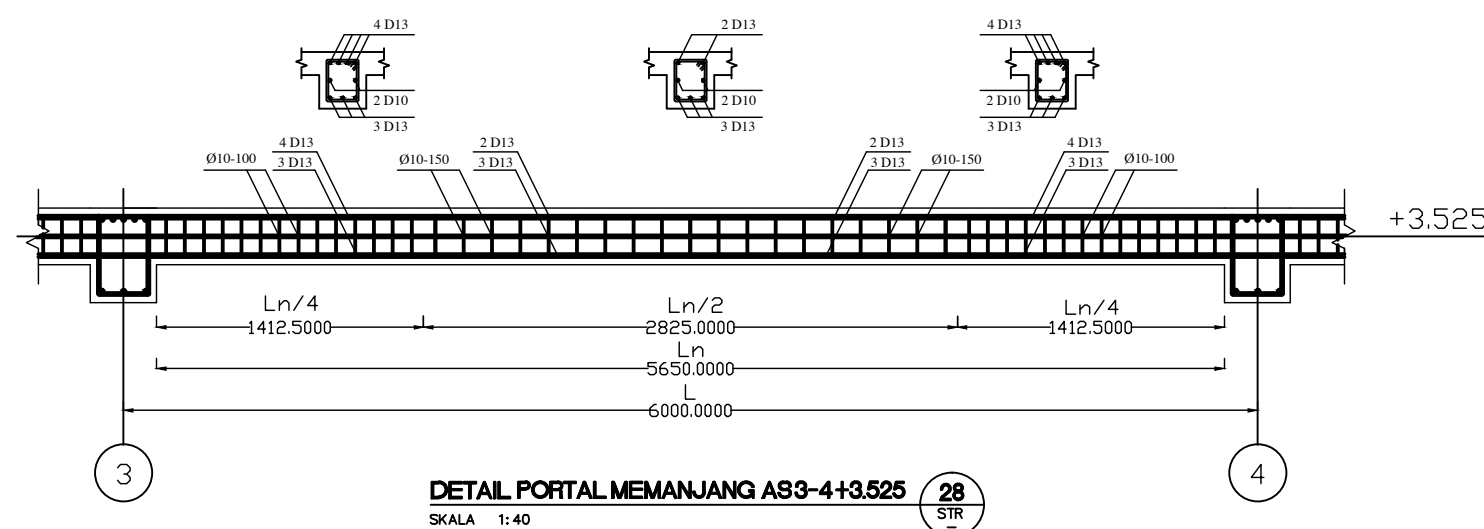
Fatimatus Zahroh
3114030071

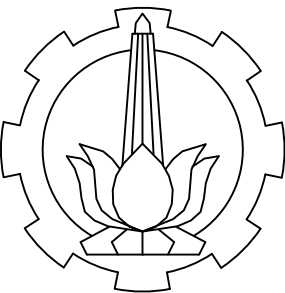
Figure 1 shows a 2D grid of nodes used for the numerical solution. The horizontal axis is labeled with nodes 9, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15. The vertical axis is labeled with nodes 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10. The grid consists of 10 columns and 10 rows of nodes, with a shaded rectangular region in the bottom-left corner.

[illegible]

| BA | |
|---|---|
| TUMPUAN | LAPANGAN |
|  |  |
| 250 x 300 | 250 x 300 |
| 4 D 13 | 2 D 13 |
| 2 # 10 | 2 # 10 |
| 3 D 13 | 3 D 13 |
| #10-100 | #10-150 |

| BI | |
|---|---|
| TUMPUAN | LAPANGAN |
|  |  |
| 350 x 500 | 350 x 500 |
| 5 D 19 | 2 D 19 |
| — | — |
| 3 D 19 | 2 D 19 |
| #10–100 | #10–200 |





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
BANGUNAN GEDUNG KOZKO CITRALAND
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEM MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSC., PhD.

NAMA MAHASISWA 1

Rizqhi Andriyono
3114030072

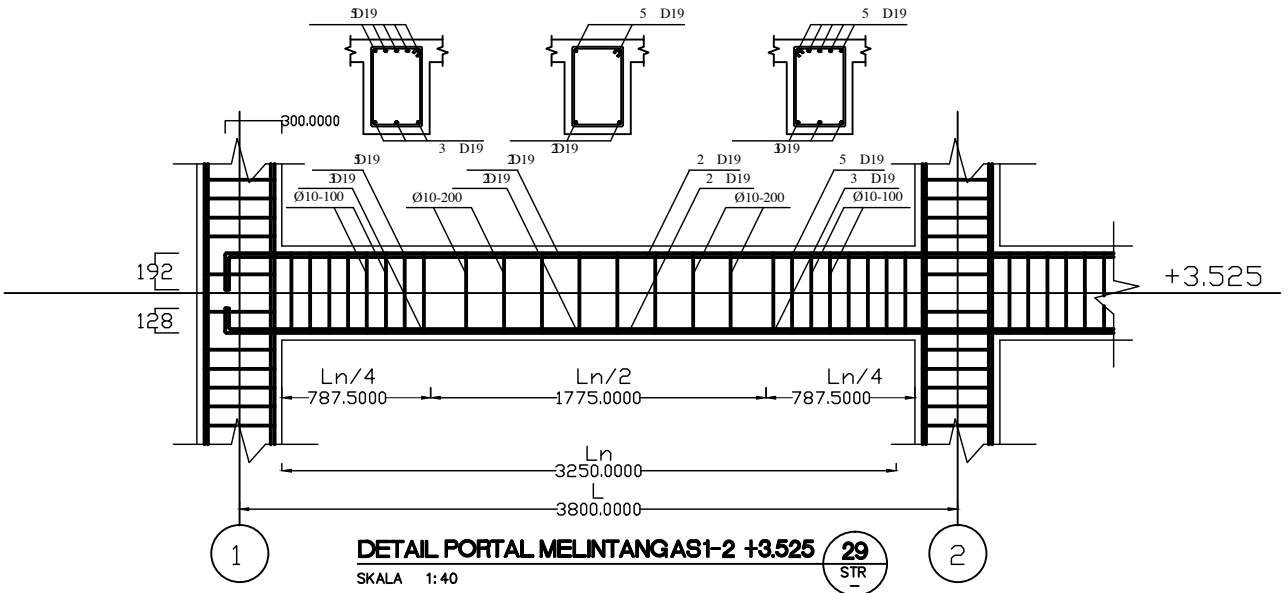
NAMA MAHASISWA 2

Fatimatus Zahroh
3114030071

KETERANGAN

NO LEMBAR JUMLAH LEMBAR

29



| BI | |
|-----------|-----------|
| TUMPUAN | LAPANGAN |
| | |
| 350 x 500 | 350 x 500 |
| 5 D 19 | 2 D 19 |
| - | - |
| 3 D 19 | 2 D 19 |
| #10-100 | #10-200 |

| KOLOM | |
|----------------|---------------------|
| LEVEL | K1 |
| LANTAI 5 | |
| LANTAI DASAR | |
| DIMENSI | 450 x 450 |
| TULANGAN UTAMA | 16 D 19 |
| SENGKANG | #10-100 |
| MUTU | f _c ' 30 |

